



Facultat de Nàutica de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENGINYERIA TÈCNICA NAVAL EN SERVEIS I PROPULSIÓ DEL VAIXELL PROJECTE FINAL DE CARRERA

**PROJECTE DE LEGALITZACIÓ D'UN LABORATORI SURANT DE 6,5 M
D'ESLORA PER L'EXPERIMENTACIÓ DE PROPULSIÓ NAVAL ELÈCTRICA**

Autora: Mercè Barba i Ferrer
Director: Ricard Bosch i Tous
Convocatòria: juny 2013

RESUM

La Lady es una petita motora que va patir un sinistre fa 10 anys i des de llavors ha estat emmagatzemada en una marina seca. L'Associació de Patronats de Yate, propietària de l'embarcació, el Consorci El Far i la Universitat Politècnica de Catalunya s'han proposat de recuperar-la i condicionar-la com a laboratori flotant per fer-hi proves de propulsió naval elèctrica.

Aquest projecte de final de carrera comprèn la descripció del condicionament i les reformes dutes a terme al buc per tal d'instal·lar-hi la nova maquinària de propulsió, l'estudi de la disposició de la cadena energètica per tal que s'adeqüi a les necessitats funcionals de la Lady, les accions empreses per distribuir correctament els pesos i garantir-ne l'estabilitat, la descripció dels serveis auxiliars de l'embarcació i l'enumeració i descripció dels tràmits oficials obligatoris i documentació necessària per tal de legalitzar el nou disseny i ús de la motora.

Així mateix, s'apunten les línies de treball següents perquè d'altres alumnes que prenguin el relleu puguin continuar les fases següents de la recuperació de la Lady, des de les proves en sec i de mar, fins a l'entrada en ple funcionament.

ÍNDEX

RESUM.....	0
ÍNDEX	3
ÍNDEX D'IMATGES	5
ÍNDEX DE TAULES	7
ÍNDEX DE FIGURES	8
1 INTRODUCCIÓ	9
1.1 MOTIVACIÓ.....	10
1.2 OBJECTE	10
1.3 OBJECTIU	11
1.4 FILOSOFIA DEL PROJECTE	11
1.5 MARC DEL PROJECTE: CONVENI UPC-EL FAR-APY	12
2 ANTECEDENTS: LA RAS, EL SOLIPORT L'ECO SLIM.....	13
3 REPARACIÓ I MODIFICACIONS DEL BUC I LA SUPERESTRUCTURA	17
3.1 REPARACIÓ.....	17
3.2 MODIFICACIONS:	21
3.2.1 BANCADA.....	21
3.2.2 SOSTRE SOLAR FOTOVOLTAIC	24
3.2.3 PROTECTORS MAQUINÀRIA.....	26
4 ESTABILITAT I CONTROL DE PESOS	29
5 PROPULSIÓ.....	33
5.1 ELECCIÓ DE LA CADENA PROPULSORA.....	33
5.1.1 MOTOR TÈRMIC	35
5.1.2 DINAMO.....	39
5.1.3 MOTOR PROPULSOR	40
5.1.4 EXCITATRIU.....	43
5.2 ASSAJOS DE LES MÀQUINES	45
5.2.1 DINAMO (4,5 kW) - COMPORTAMENT COM A MOTOR	48
5.2.2 MOTOR PROPULSOR ABB (17,9 kW)	51
5.3 CUA (Z-DRIVE).....	59
5.4 ACOBLAMENTS I ALINEACIÓ	64
5.5 BANCADERES	66
5.5.1 BANCADA DEL GRUP GENERADOR	66
5.5.2 BANCADA DEL MOTOR PROPULSOR.....	69
5.6 GOVERN DE L'EMBARCACIÓ	71
5.7 VENTILACIÓ.....	74

5.8 ESCAPAMENTS	75
6 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA AUXILIAR.....	76
6.1 COMPONENTS ELÈCTRICS.....	76
6.2 GENERACIÓ I EMMAGATZEMATGE D'ENERGIA.....	78
6.2.1 BATERIES	79
6.2.1 PLAQUES SOLARS.....	79
6.3 GENERADOR D'ALIMENTACIÓ DE SERVEIS AUXILIARS	82
7 LEGALITZACIÓ DE LA LADY	84
7.1 BREU EXPLICACIÓ DELS TRÀMITS I REQUERIMENTS LEGALS I ALTRES ASPECTES A CONSIDERAR.....	85
7.2 ESTAT INICIAL DE LA LADY I TRÀMITS NECESSARIS PER LA SEVA LEGALITZACIÓ	95
7.3 PROCEDIMENT REQUERIT PER CAPITANIA MARÍTIMA PER LA REFORMA I REMOTORITZACIÓ.....	97
7.4 SEGURETAT I MEDI AMBIENT.....	100
8 ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	105
9 PRESSUPOST	108
10 FUTURES LÍNIES DE DESENVOLUPAMENT	111
11 CONCLUSIONS.....	112
12 BIBLIOGRAFIA.....	114
ANNEXOS	121

ÍNDEX D'IMATGES

Imatge 1 - SRV 220 Overnighter, de la drassana Sea Ray.	11
Imatge 2 - Llanxa RAS al taller de l'ETSEIB.....	13
Imatge 3 - Proves de la Soliport en un estany tancat.	14
Imatge 4 - Disseny virtual de l'Eco Slim.	15
Imatge 5 - Mirall de popa a mig sanejar.	17
Imatge 6 - Mirall de popa un cop acabades les tasques de reconstrucció.....	18
Imatge 7 - Reserves de flotabilitat a mig sanejar.....	18
Imatge 8 - Reserves de flotabilitat a mig reparar. Es pot observar el cofre per a estiba.	19
Imatge 9 - La Lady reparada i amb l'obra morta pintada.	19
Imatge 10 - Bases de fusta per a la bancada, abans d'instal·lar-les a bord.	23
Imatge 11 - Bases de fusta per a la bancada un cop instal·lades a bord.	24
Imatge 12 - Rails sobre els que corre el marc amb les plaques FV.	25
Imatge 13 - Reixa de ventilació dels protectors de les màquines.	26
Imatge 14 - Panell ignífug. Imatge i característiques.....	27
Imatge 15 - Motor HONDA GX390.....	36
Imatge 16 - Dinamo.	39
Imatge 17 - Motor propulsor ABB.....	41
Imatge 18 - Alternador que actuarà com a excitatriu.	43
Imatge 19 - Estat inicial del z-drive.	61
Imatge 20 - Neteja inicial del z-drive.	61
Imatge 21 - Coixinet a mig engrèixer.....	62
Imatge 22 - El z-drive preparat per pintar.....	62
Imatge 23 - El z-drive amb la capa d'imprimació.	63
Imatge 24 - El z-drive amb una capa d'antifouling.....	63
Imatge 25 - Acoblament SAMIFLEX que unirà els eixos del MT i la dinamo.	64
Imatge 26 - Acoblament muntat entre les diferents màquines del grup electrògen.....	65
Imatge 27 - Acoblament motor propulsor - z-drive.....	66
Imatge 28 - Mostra de perfils amb els quals s'han construït les bancades de les màquines.....	68
Imatge 29 - Detall de la bancada. Falca col·locada a sota de la dinamo per anivellar els eixos.	68
Imatge 30 - Bancada del grup generador amb els tubs quadrats de suport.....	69
Imatge 31 - Grup generador presentat a la bancada.....	69
Imatge 32 - Grup electrògen amb el control de les màquines.....	72
Imatge 33 - Bomba hidràulica per a l'elevació de la cua.....	74
Imatge 34 - Llum verda estribord.....	76

Imatge 35 – <i>Plafó d'il·luminació interior.</i>	77
Imatge 36 – <i>Bomba elèctrica de buidatge de sentines JOHNSON PUMP.</i>	78
Imatge 37 – <i>Assaig dels panells fotovoltaics amb una resistència variable.</i>	79
Imatge 38 – <i>Generador de benzina Kevin Line KLN-BN950.</i>	82

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1 – Pesos extrets de l'embarcació.....	29
Taula 2 – Dades del fabricant i del certificat de navegabilitat.....	29
Taula 3 – Coordenades del centre de carena C.....	30
Taula 4 – Càlcul del centre de gravetat del buc i la superestructura.	31
Taula 5 – Centre de gravetat per al desplaçament en rosca.	31
Taula 6 – Centre de gravetat per al desplaçament màxim.	32
Taula 7 - Característiques del motor HONDA GX390.	35
Taula 8 - Característiques del motor de CC NOVAT TPV112L	39
Taula 9 - Característiques del motor de CC ABB DMP 160-4S.....	41
Taula 10 - Característiques de l'alternador.	43
Taula 11 – Mesures del grup generador en la primera arrencada del conjunt, al juliol del 2012.	45
Taula 12 – Dades assaig excitació variable de la dinamo actuant com a motor.....	49
Taula 13 – Assaig excitació fixa a 1,05 A de la dinamo, assajada com a motor.....	50
Taula 14 – Dades assaig rotor bloquejat de la dinamo amb $I_{excitació}$ nominal.....	50
Taula 15 – Dades assaig excitació variable del MP.	51
Taula 16 – Dades assaig excitació fixa a 120 V i 3,2 A del MP, com a motor en buit.,.....	52
Taula 17 – Dades assaig de rotor bloquejat del MP, amb $I_{exc.}$ Nominal de 4,7 A.....	53
Taula 18 – Dades assaig excitació sèrie del MP.	55
Taula 19 – Dades assaig rotor bloquejat amb excitació en sèrie del MP.....	56
Taula 20 – Dades de l'assaig amb excitació en paral·lel del MP.	57
Taula 21 – Dades assaig rotor bloquejat amb excitació en paral·lel del MP.....	59
Taula 22 - Mesures obtingudes de les plaques solars.....	80
Taula 23 – Càlcul del nombre de panells i de la càrrega absorbida per les bateries.	81
Taula 24 - Característiques del generador Kevin Line KLN-BN950.....	82
Taula 25 – Resum per partides del pressupost.	110
Taula 26 – Estimació de costos de personal.....	110

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1 – Esquema de la planta de l'embarcació.....	20
Figura 2 – Esquema de l'alçat de l'embarcació.	21
Figura 3 – Esquema de la secció S-2, on es poden observar les mides de la bancada.	23
Figura 4 – Perfils de l'embarcació amb el sostre fotovoltaic desplegat.....	26
Figura 5 – Perfil de la llanxa amb la coberta de les màquines.....	27
Figura 6 – Secció transversal amb el protector del MP i de la caixa d'estiba de combustible.	28
Figura 7 – Vista en planta de l'emplaçament de les màquines a bord.....	34
Figura 8 – Vista del perfil de babord.....	34
Figura 9 – Esquema del funcionament de la cadena energètica.	44
Figura 10 - Enregistrament del transitori d'arrencada. Escala 100 ms/ div.	46
Figura 11 - Enregistrament del transitori d'arrencada. Escala 10 ms/div.	47
Figura 12 - Circuit equivalent de la mcc amb excitació independent.	47
Figura 13 - Circuit equivalent de la mcc amb excitació en sèrie.	48
Figura 14 – Circuit equivalent de la mcc amb excitació en paral·lel.....	48
Figura 15 – Gràfica tensió – intensitat excitació de la dinamo.....	49
Figura 16 – Gràfica tensió – velocitat de la dinamo, assajada com a motor.....	50
Figura 17 – Gràfica parell motor – intensitat induït de la dinamo.....	51
Figura 18 – Gràfica tensió – intensitat excitació del MP.....	52
Figura 19 – Gràfica tensió – velocitat del MP.....	53
Figura 20 – Gràfica parell motor – intensitat induït del MP.....	54
Figura 21 – Gràfica excitació sèrie. Intensitat excitació – tensió del MP.....	55
Figura 22 – Gràfica excitació sèrie. Tensió – velocitat del MP.....	56
Figura 23 – Gràfica parell – intensitat del MP amb excitació en sèrie.....	57
Figura 24 – Gràfica tensió – intensitat del MP amb excitació en paral·lel.....	58
Figura 25 – Gràfica tensió – velocitat del MP amb excitació en paral·lel.....	58
Figura 26 – Gràfica parell – tensió del MP amb excitació en paral·lel.....	59
Figura 27 - Vista axonomètrica de la bancada del grup generador.	67
Figura 28 – Planta i secció de la bancada del motor propulsor.	70
Figura 29 – Esquema del muntatge i funcionament de la direcció.....	73
Figura 30 – Alçat de la planata propulsora, costat Er.....	75
Figura 31 - Corba de funcionament del panell núm. 4.....	80

1 INTRODUCCIÓ

Condicionar una petita motora com a laboratori flotant i legalitzar-ne el nou ús és un ambiciós projecte col·lectiu que pretén posar en pràctica els coneixements adquirits durant la carrera d'Enginyeria Tècnica Naval, de forma els futurs alumnes d'aquests estudis es puguin beneficiar d'un nou equipament i que pugui constituir un punt de partida per a ulteriors projectes de recerca i experimentació amb electricitat a bord. Tot i que som els primers a treballar en aquesta embarcació concreta, hem recollit el testimoni d'uns quants projectes de final de carrera (PFC) anteriors que ja havien sentat les bases d'alguns dels conceptes que aquí es desenvoluparan.

Aquest projecte el vam iniciar, al març del 2011, de forma paral·lela dos estudiants, en Mario Sancho, Enginyer tècnic elèctric i Màster en Enginyeria de l'Energia, especialitat elèctrica, i jo mateixa. Tot i que hem fet una part de la feina de forma comuna (sobretot pel que fa a proves i treball al taller), ens hem distribuït la feina de tal manera que ell s'ha encarregat de la part elèctrica i jo de la part de construcció naval¹.

El procés complet de reparació i adequació de l'embarcació és complex perquè cal treballar en múltiples fronts: reparacions i modificacions del casc i l'estructura, aixecament de plànols, disseny de la nova línia de propulsió, proves i mesures dels motors i altres components de l'embarcació, càlculs d'estabilitat, elements de control, nous equips i sistemes per millorar l'eficiència energètica, etc. Per la seva magnitud i complexitat, la restauració i habilitació completa de la Lady escapa a l'abast d'un sol PFC i arribar fins al final i veure l'embarcació flotant quedarà a mans dels estudiants que ens han agafat el relleu a en Mario i a mi. Aquests són: en Jan Villanueva i en Felip Pairó, de la Facultat de Nàutica de Barcelona (FNB); en Sergi Barberan i en Pau López, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB); l'Albert Rejas del Màster en Energia de l'Electricitat; i en Marc Oliva de l'Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). En Jan i en Felip volen aprofitar els gasos d'escapament per construir una petita turbina amb cicle de Rankine per carregar les bateries; en Sergi està fent les proves del grup generador i els controls de la propulsió; en Pau ja ha entregat el projecte de la caracterització d'un acumulador cinètic d'energia elèctrica (ACEE) que aprofita els exedents del grup electrògen, amb la idea d'alimentar uns estabilitzadors; l'Albert Rejas dissenya un reformador per generar hidrogen aprofitant l'escalfor dels gasos d'escapament; i en Marc Oliva ha fet assajos amb la cadena propulsora i perfeccionant-ne els controls, i també està dissenyant una caldereta de vapor d'aigua que aprofita l'escalfor dels gasos d'escapament.

¹ Projecte final de Màster d'Enginyeria en Energia (UPC). *Disseny, construcció i assaig d'un laboratori surant en una embarcació de 6,5 m d'eslora. Per experimentació en propulsió naval elèctrica.*

1.1 MOTIVACIÓ

La principal motivació que he tingut a l'hora de buscar un tema pel projecte ha estat el fet de que no només fos teòric, sinó que tingués una gran part de treball de camp: remenar, tocar, provar i muntar tant com fos possible. A partir d'aquí, m'interessava que estigués relacionat amb l'electricitat, doncs és un dels camps de la carrera que més m'ha atret i que menys presència té en els estudis. El Dr. Ricard Bosch em va oferir un projecte adient per treballar aquest àmbit.

Un altre punt que he tingut en compte a l'hora de decidir-me ha sigut el respecte pel medi ambient, que es plasma en aquest projecte en la intenció de crear una cadena propulsora aprofitant material en desús emmagatzemat en el laboratori del Departament d'Enginyeria Elèctrica de l'ETSEIB, en la clara voluntat de reduir el consum de combustible a bord del vaixell i estudiar l'optimització i l'eficiència de la cadena energètica a bord. A més, la finalitat de tot el projecte és que, en el futur, la Lady serveixi com a plataforma per experimentar amb la propulsió elèctrica i permeti desenvolupar sistemes més eficients i menys contaminants en aquest camp.

D'altra banda, el fet de que el projecte tingui una futura aplicació pràctica i útil (que l'embarcació sigui un instrument per a la docència i la recerca) ha estat una motivació i un punt de referència constant durant tot aquest temps de treball.

I òbviament, però no menys important, hi ha l'atractiu d'acabar la carrera.

1.2 OBJECTE

El centre de treball del projecte és l'embarcació Lady. És una motora de 6,5 metres d'eslora construïda l'any 1976 per les drassanes Sea Ray. El seu disseny correspon al SRV220 Overnighter, del mateix any. La Lady va estar operativa al Club de Vela Blanes fins l'any 2002, quan es va incendiar per culpa de la bomba hidràulica de la cua i, per apagar el foc, la van enfonsar parcialment. Posteriorment es va reflotar i va estar varada a la marina seca Marina d'Horta, ubicada a Barcelona, fins a l'inici d'aquest projecte.

Les característiques principals de l'embarcació són:

Eslora: 6,58 m

Màniga: 2,44 m

Puntal: 1,20 m

Desplaçament aproximat²: 1633 kg

Càrrega màxima: 600 kg

Pes a l'entrar a la drassana: 1835 kg

² Així ho indica la informació que facilita el fabricant a la seva pàgina web, inclosa a l'Annex A.



Imatge 1 - SRV 220 Overnighter, de la drassana Sea Ray.³

A l'Annex A hi ha la documentació oficial de la Lady i la fitxa amb les especificacions bàsiques.

1.3 OBJECTIU

L'objectiu d'aquest PFC és netejar, sanejar i reparar el casc de la Lady, condicionar-lo per instal·lar-hi una nova cadena propulsora elèctrica, reparar els components antics que interressi mantenir (per exemple, el z-drive), així com altres components necessaris per a la seva posada a punt i acabar d'abastir el vaixell. Paral·lelament s'establiran els primers contactes amb l'autoritat competent i es presentaran els càlculs i documents necessaris per tal de legalitzar l'embarcació.

La novetat que incorpora aquest treball respecte d'altres anteriors és la d'obrir una nova línia de recerca de les aplicacions de l'electricitat a bord, tant al sistema propulsor com en altres sistemes.

Aquestes accions són les que es descriuen en aquestes pàgines, però obviament, l'objectiu final del treball conjunt de totes les persones implicades en aquest ambiciós projecte és restaurar i reformar completament la Lady fins a la seva completa habilitació funcional i legal com a laboratori surant per a la recerca i experimentació de propulsió naval elèctrica.

1.4 FILOSOFIA DEL PROJECTE

L'esperit que impulsa aquest treball és dotar els futurs estudiants de la FNB, d'altres centres de la UPC i del Consorci El Far, i els membres de l'APY d'una eina de treball

³ Imatge disponible a: http://images.psndealer.com/dealersite/images/laniermarine/vp768366_1.jpg

pràctica per a l'aprenentatge, la formació i la recerca, oferir-los un marc per experimentar amb la propulsió elèctrica, on puguin conèixer el funcionament de les màquines instal·lades, amb els seus avantatges i inconvenients.

Juntament amb la voluntat de servei, hi ha la de sensibilitzar els futurs professionals i amants de la mar sobre la utilització de tecnologies més eficients energèticament i més respectuoses amb el medi ambient que les actuals, alhora que es fa un pas endavant respecte a aquest sistema propulsiu que, si bé es cert que en nàutica d'esbarjo no es considera gens, a la marina mercant no és la font de propulsió més habitual però cada cop va cobrant més rellevància.

1.5 MARC DEL PROJECTE: CONVENI UPC-EL FAR-APY

Per tal de dur a terme la modificació de la Lady s'ha signat un conveni entre la Universitat Politècnica de Catalunya/Facultat de Nàutica de Barcelona (UPC/FNB), el Consorci El Far (CEF) i l'Asociación de Patronos de Yate (APY).

Aquest conveni estableix les bases de l'acord de col·laboració mútua entre les tres entitats per a desenvolupar un projecte de laboratori surant de recerca i experimentació de propulsió naval elèctrica com a primer pas, deixant la porta oberta a altres possibles projectes que siguin d'interès per a totes tres entitats.

En termes generals, el compromís adquirit per cada entitat queda establert de la següent manera:

- **UPC:** inclou la Facultat de Nàutica i el Departament d'Enginyeria Elèctrica. Aportarà l'espai per amarrar, el disseny i dimensionat de la cadena propulsora, tècnics i material. Aquesta última partida inclou les màquines elèctriques destinades a la propulsió, així com el material elèctric i de laboratori necessari per al funcionament general de l'embarcació.
- **CEF:** cedirà un espai a la drassana i executarà les tasques de laminat, remodelació i acabats necessàries.
- **APY:** aportarà l'embarcació Lady i els elements d'abord que es vulguin incloure en el nou projecte.

2 ANTECEDENTS: LA RAS, EL SOLIPORT L'ECO SLIM

A l'hora d'executar aquest projecte, s'han revisat anteriors treballs que han servit com a referents, concretament les embarcacions RAS i Soliport, PFC's realitzats anteriorment per estudiants de la Facultat de Nàutica de Barcelona, així com també el catamarà Eco Slim construït per les Drassanes Dalmau d'Arenys de Mar.

- **La RAS:** és un projecte que va començar l'any 2006 en Gabriel Riera⁴, continuant-lo després l'Albert Peregrina^{5,6} i en Miquel Vidal⁷, tots ells estudiants de la FNB, i en Carles Bou⁸ de l'ETSEIB. La RAS és un catamarà monoplaça de propulsió elèctrica. Les seves dimensions són 3,45 m d'eslora i 1,60 m de mànega. Consta de dos motors elèctrics, amb grau de protecció IP-68, que treballen submergits, els quals porten acoblades dues hèlices de superfície. Aquests motors van alimentats per un grup generador de 8,5 kVA, i regulen la seva velocitat amb un variador de freqüència. La idea principal, encara no desenvolupada, era aconseguir una llanxa de propulsió elèctrica alimentada per una pila de combustible, però de moment la primera font d'energia instal·lada ha estat un motor tèrmic de benzina de 9 CV.



Imatge 2 - Llanxa RAS al taller de l'ETSEIB.

⁴ PFC d'Enginyeria Tècnica Naval (FNB). *Hacia el barco de propulsión eléctrica: evaluación experimental de propulsores sumergibles de 2kW 400V, alimentados con grupo electrógeno.*

⁵ PFC d'Enginyeria Tècnica Naval (FNB). *Diseño y construcción del sistema de propulsión eléctrica de un catamarán de 3,4 metros de eslora.*

⁶ PFC de Llicenciatura en Màquines Navals (FNB). *Acabados, optimización, ajuste y documentación de un catamarán de propulsión eléctrica de 3,4 metros de eslora.*

⁷ PFC d'Enginyeria Tècnica Naval (FNB). *LlanxaRas: millores i anàlisis de la propulsió.*

⁸ PFC d'Enginyeria Industrial (ETSEIB). *Cap al vaixell híbrid de propulsió elèctrica: avaluació experimental de la cadena energètica instal·lada en la barca RAS.*

- **EI SOLIPORT:** és un PFC de la Llicenciatura en Màquines Navals realitzat per Rossend Àvila⁹. El Soliport és una embarcació de 4 metres d'eslora destinada principalment a la nàutica d'esbarjo, i cedida també per l'APY. El projecte consisteix a instal·lar un motor d'inducció de rotor mullat (PFC previ de Rossend Àvila¹⁰ per a l'obtenció del títol d'Enginyer tècnic naval) per propulsar la llanxa. Aquest és un motor asíncron de gàbia d'esquirol al qual se li van realitzar modificacions per tal que l'aigua pogués passar per l'interior del nucli del rotor. Un grup electrògen subministra l'energia elèctrica al sistema propulsiu. Les característiques d'aquest són: motor de combustió de 13 CV, potència màxima a 230 V de 4 kVA, i a 400 V de 7 kVA.



Imatge 3 - Proves de la Soliport en un estany tancat.¹¹

- **L'ECO SLIM:** el catamarà, construït a les Drassanes Dalmau d'Arenys de Mar, és un projecte subvencionat pel Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que depèn del Ministeri de Ciència i Innovació, amb la col·laboració del Departament d'Enginyeria Elèctrica de la UPC. És una embarcació destinada a l'explotació turística, que es va avarar l'abril del 2011, i està operativa des de finals de juliol de l'any passat fent la ruta Port Olímpic-Port Vell. L'embarcació, de 24 m d'eslora i 10,5 m de mànega, té capacitat per a 150 persones i una velocitat màxima de 12 nusos. El funcionament es reparteix en dos grans blocs energètics:
 - o El conjunt propulsor, que munta a cada patí 45 bateries recarregables de 145 Ah i 12 V, connectades en sèrie, i un generador dièsel de 55 kVA i 400 V trifàsic, per moure un motor asíncron de 30 kW controlat per un variador de

⁹ PFC de Llicenciatura en Màquines Navals (FNB). *Remodelación de una embarcación de 4 m. de eslora para el diseño, instalación y estudio de un sistema de propulsión eléctrica.*

¹⁰ PFC d'Enginyeria Tècnica Naval (FNB). *Estudio y realización de un motor eléctrico de rotor mojado, para aplicaciones de propulsión.*

¹¹ Imatge disponible a <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9067/1/Memoria.pdf>

freqüència. Aquest admet dues entrades: una de 600 V DC (ve de les bateries) i una de 400 V trifàsic (ve del generador).

- El conjunt de serveis, alimentat per una pila de combustible, 40 panells solars, 2 aerogeneradors i un motogenerador d'emergència de 7 kW, i regulat per 4 bateries de 145 Ah i 12 V, connectades 2P2S. D'aquesta branca en pengen els sistemes de control, il·luminació i navegació.

Per mitjà d'un commutador es pot seleccionar el funcionament de cada un dels motors mitjançant les bateries o per connexió directa del generador, i també el mode de càrrega de les bateries, a través del propi generador o amb corrent provinent de la xarxa elèctrica del port. Inicialment es va dissenyar de tal manera que la càrrega de les bateries també es podia fer mitjançant els panells fotovoltaics i els aerogeneradors, però a l'interconnectar els circuits van sorgir molts problemes i es va desestimar, així que les plaques solars i els aerogeneradors només donen servei al sistemes auxiliars.

L'optimització en el disseny, un 50% més lleuger i amb una reducció d'un 20% de la resistència hidrodinàmica, permet la utilització de motors menys potents per obtenir les mateixes prestacions. El resultat d'aquest esforç és una embarcació que redueix considerablement l'impacte ambiental en l'aire i el medi marí i elimina la contaminació acústica.



Imatge 4 - Disseny virtual de l'Eco Slim.¹²

L'Eco Slim s'allunya una mica del que s'està fent amb la Lady, però és un referent que indica que aquest tipus de projectes són un prometedori camp de futur,

¹² Imatge disponible a <http://www.astillerosdalmu.com/es/73128/Ultimas-noticias/El-Catamaran-ecologico-mas-grande-Europa.htm>

que gràcies a projectes pioners com va ser la RAS en el seu moment i pot ser la Lady actualment s'han assolit reptes com el de les Drassanes Dalmau: un vaixell construït per a explotar-lo comercialment.

3 REPARACIÓ I MODIFICACIONS DEL BUC I LA SUPERESTRUCTURA

Com ja s'ha explicat abans, la Lady provenia d'una marina seca on havia estat uns anys, just després de que patís un incendi i una reflatació, i requeria un sanejament abans de començar qualsevol altra tasca.

El primer que es va fer, a principi de març del 2011, va ser transportar-la de la Marina Seca d'Horta fins a la drassana del CEF, al passeig Joan de Borbó. Un cop a les noves instal·lacions, la drassana es va encarregar de buidar i treure tot l'equipament de la Lady: motor, cuina, tancs, elements de coberta, etc. Fins que només va quedar el buc, reserves de flotabilitat i la superestructura de la cabina. Es va procedir a sanejar tota l'estructura de fusta i fibra feta malbé amb l'incendi i la humitat dels anys de varada.

3.1 REPARACIÓ

Les principals parts del buc i la superestructura reparades han estat:

- **Mirall de popa:** s'ha sanejat tot per l'interior. S'han tapat tots els forats de subjecció dels diferents elements que hi havia (z-drive, flaps, etc). S'ha substituït la fusta en mal estat per fusta nova i s'ha laminat a sobre. El resultat és un conjunt reforçat que permet ancorar a qualsevol lloc del mirall tant el propulsor com qualsevol altre component que interressi, com per exemple els petits propulsors que faran d'estabilitzadors del projecte d'en Pau López.



Imatge 5 - Mirall de popa a mig sanejar.



Imatge 6 - Mirall de popa un cop acabades les tasques de reconstrucció.

- **Reserves de flotabilitat laterals:** s'han fet cates per comprovar que l'espuma que ocupa el volum interior no hagi absorbit aigua, així com per comprovar l'estat de la fusta laminada. S'ha drenat l'aigua que hi havia i sanejat i reforçat el material danyat. A la d'estribord s'ha fet un petit cofre per a l'estiba de material.



Imatge 7 - Reserves de flotabilitat a mig sanejar.



Imatge 8 - Reserves de flotabilitat a mig reparar. Es pot observar el cofre per a estiba.

- **Reserva de flotabilitat central:** s'ha eliminat la part superior i l'espuma per poder sanejar els fons de l'embarcació. A continuació s'ha reconstruït.
- **Sostre:** s'ha sanejat i reforçat l'estructura, laminant de nou on el material compost estava fet malbé.

A partir d'aquí ja s'ha tingut la base del projecte en condicions suficients com per començar a treballar amb les modificacions pertinents. La següent imatge mostra a la Lady amb totes les tasques de reparació fetes i pintada.



Imatge 9 – La Lady reparada i amb l'obra morta pintada.

Paral·lelament al procés de sanejament i reparació del buc, s'han anat fent els plànols bàsics sobre els quals s'ha treballat a l'hora de fer les modificacions i la distribució

dels diferents components. El procediment seguit ha estat el de prendre mesures i anar-les plasmant en un dibuix fet amb el programari AutoCad. Els passos seguits són:

1. S'ha definit la secció principal i de referència per a les mesures, essent aquesta la que coincideix amb la mampara de la cabina (S-6 en els plànols). També s'ha definit el pla de referència per a les mesures, éssent el de l'esglaó o part superior de les reserves de flotabilitat laterals.

2. S'ha dividit l'eslora del vaixell en seccions, cada 60 cm a popa de la secció principal, i cap a proa, on s'han determinat punts de referència en les formes de l'embarcació (mampara de la caixa de cadenes, final de les reserves de flotabilitat laterals, etc).

3. S'han pres les mesures transversals i verticals de cada una de les seccions. S'ha plasmat totes aquestes mesures en plànols mitjançant el programa AutoCad.

4. S'han fet fotografies generals i detallades de cada zona del vaixell, especialment dels fons de proa, dels vidres i del sostre, s'han confrontat amb els plànols ja dibuixats i noves mesures fetes i s'han rectificat els mateixos.

A continuació es poden veure uns esquemes de la planta i l'alçat de l'embarcació. Per veure'ls amb detall es pot consultar l'Annex B, que inclou els plànols 01- PLANTA, 02- PERFIL LONGITUDINAL i 03A i 03B- SECCIONS TRANSVERSALS.

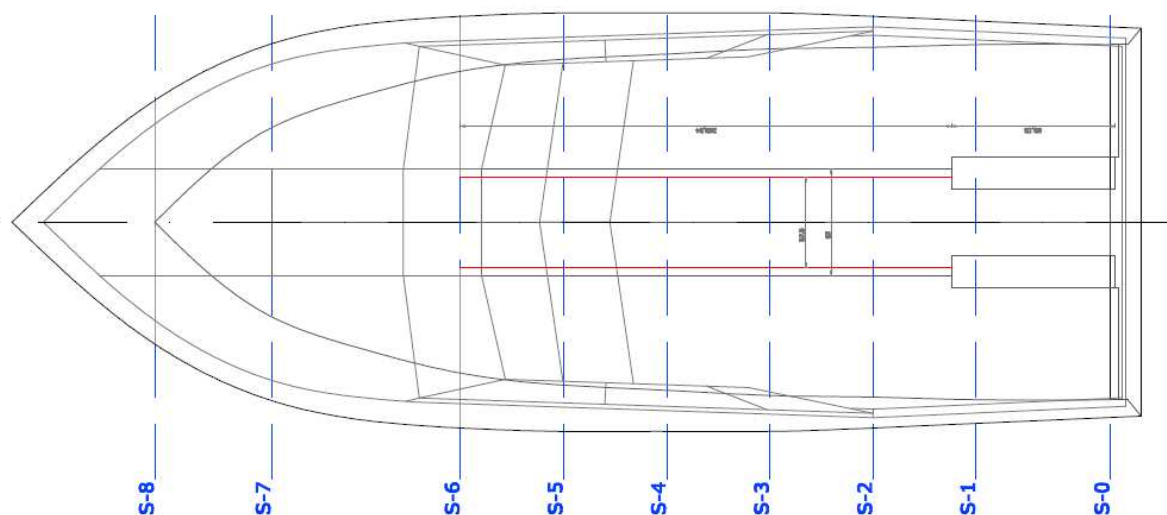


Figura 1 – Esquema de la planta de l'embarcació.

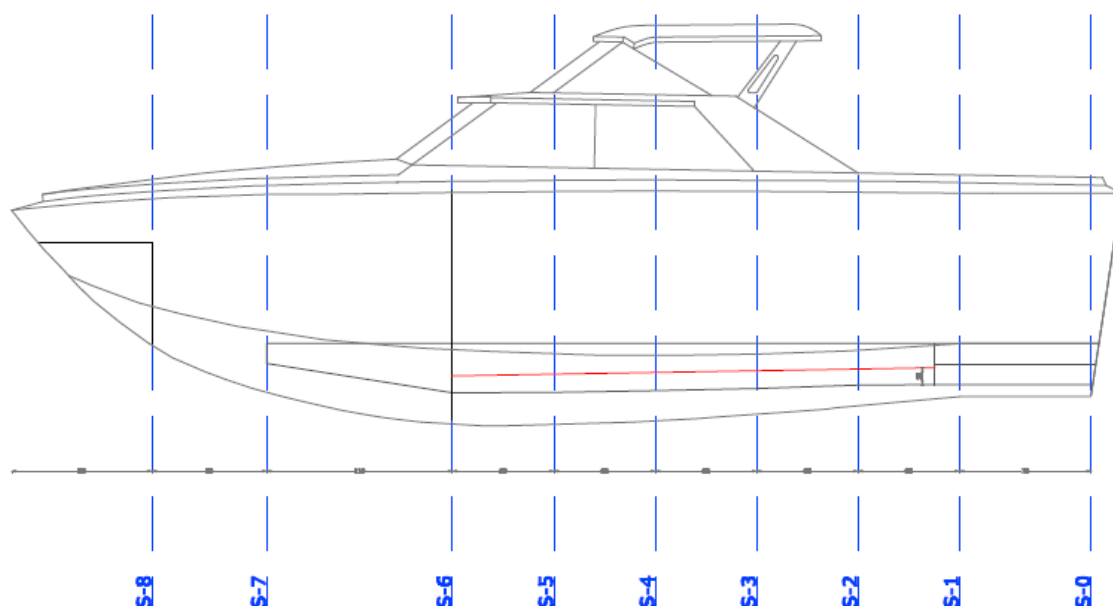


Figura 2 – Esquema de l'alçat de l'embarcació.

3.2 MODIFICACIONS:

3.2.1 BANCADA

Tenint en compte la funció de la Lady com a equipament experimental, s'ha buscat que les màquines siguin fàcilment substituïbles: en cas que se'n vulguin provar d'altres el desmuntatge de les instal·lades i el posterior muntatge de les noves ha de ser còmode i senzill. Per resoldre aquest requeriment del Departament d'Enginyeria Elèctrica de la UPC s'ha pensat a fer una bancada fixa (també anomenada estructural) al vaixell, al damunt de la qual es col·locaran les màquines, cada una amb la seva bancada incorporada. Per construir la bancada estructural s'ha hagut d'eliminar el dipòsit de combustible original, de 60 galons (uns 230 litres, aproximadament), que estava situat en aquesta zona. Amb a nova configuració no s'ha pensat posar cap dipòsit de combustible, encara que si en un futur es necessités se'n podria col·locar un de més petit en el mateix lloc. Donades les característiques actuals de la cadena energètica (amb un consum menor) i l'ús experimental que se li vol donar a l'embarcació (no li cal una gran autonomia) no s'ha pensat col·locar-ne cap, a part d'altres inconvenients que s'expliquen a l'apartat 1.1 del capítol 5.

La bancada fixa, en la direcció proa-popa, segueix la línia de l'esglaó central però a menor alçada. S'ha construït de fusta reforçada amb fibra de vidre, i s'han tingut en compte criteris de:

- Estabilitat: s'ha situat el més baixa possible, però sempre deixant un espai per a sentines, amb la suficient alçada per tal d'evitar que l'aigua o líquids acumulats a les sentines puguin afectar la maquinària elèctrica. El fet que sigui seguida al llarg de

l'eslora de l'embarcació, permet situar les màquines en la posició que millor vagi per garantir l'estabilitat de l'embarcació.

- Pes i vibracions: la fusta i la fibra són més lleugeres que la mateixa bancada feta amb metall. Per altra banda la fibra absorbeix vibracions i protegeix les màquines de futures desaliniacions provocades per les mateixes.
- Navegació: la bancada està una mica aplanada, cosa que quan la barca estigui navegant permetrà que la proa no s'aixequi tant i planegi, per tant es navegarà amb la línia de propulsió més paral·lela a la superfície del mar i permetrà treballar més còmodament, ja que l'objectiu, de moment, no és fer una embarcació planejadora, sinó un laboratori surant on la comoditat a l'hora de treballar és prioritària.
- Comoditat de muntatge i canvi de màquines: és una bancada molt senzilla i còmoda a l'hora de fer el muntatge de les bancades dels grups generador i propulsor a sobre. Permet col·locar i extreure aquestes amb molta facilitat, cosa que facilita el canvi de la maquinària en cas de voler assajar-ne de diferent i deixa la base per poder fixar la següent bancada a la posició que interressi.
- Dimensions: amplada i alçada suficients per subjectar amb fermesa i comoditat les bancades de les màquines.
- Experimentació amb estabilitat dinàmica: permetria estudiar el comportament de l'embarcació amb una bancada de màquines mòbil, fent que aquesta última es desplaçés, mitjançant rodes encarrilades, per la bancada estructural i dotar-la d'un sistema que la fixi a aquesta. Amb això s'aconseguiria jugar amb l'assentament de l'embarcació millorant les condicions de navegació en funció de l'estat de la mar. Tot això prèvia autorització de l'Administració Marítima.

El disseny de la bancada estructural es pot veure ressaltat en vermell als plànols 01- PLANTA, 02- PERFIL LONGITUDINAL i 03A i 03B- SECCIONS TRANSVERSALS¹³. A continuació es mostra una secció transversal on es veu aquesta bancada i les mides que té.

¹³ Inclòs a l'Annex B.

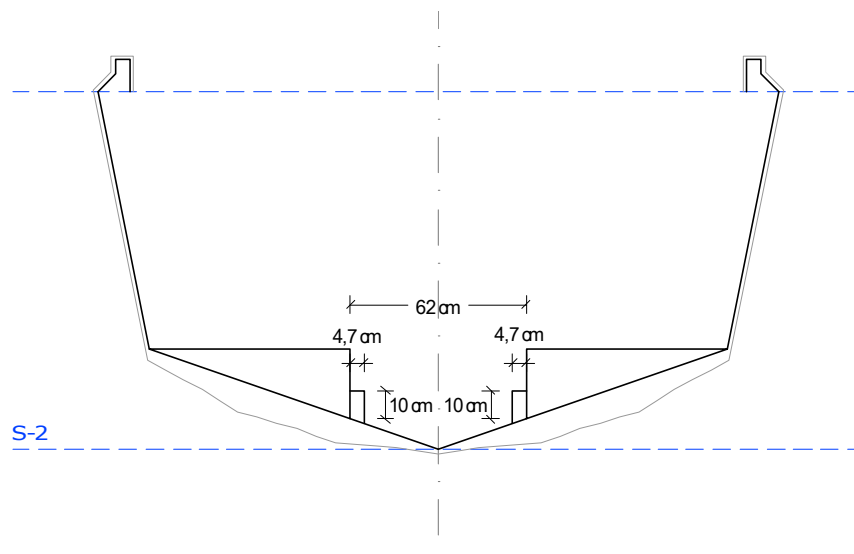


Figura 3 – Esquema de la secció S-2, on es poden observar les mides de la bancada.



Imatge 10 – Bases de fusta per a la bancada, abans d'instal·lar-les a bord.



Imatge 11 - Bases de fusta per a la bancada un cop instal·lades a bord.

Les bancades particulars de les màquines estan fetes amb perfils d'acer aprofitats del laboratori. Se n'han construït dues, una per al grup electrògen i l'altra per al motor propulsor, de tal manera que encaixen amb la bancada estructural del buc. Es tracten amb detall a l'apartat 5.6.

3.2.2 SOSTRE SOLAR FOTOVOLTAIC

Està previst fer un sostre solar per tal de captar energia amb panells fotovoltaics i carregar les bateries de serveis. Aquests panells són recuperats del vehicle electrosolar Despertaferro, dissenyat i construït amb fibra de carboni per estudiants de la UPC l'any 1999 per participar a la SunRace2000, que es va disputar a Austràlia. L'any 2007 un altre grup d'estudiants de l'ETSEIB el va recuperar per participar al Ral·li Solar Phebus, entre Girona i Puymorens (França). En aquesta segona etapa del Despertaferro es va construir un segon sostre de fibra de vidre, doncs l'original de fibra de carboni ocasionava problemes dielèctrics amb la pluja. Els nous captadors solars es comportaven molt millor al pas de les ombres per sobre seu. Una ombra sobre una cèl·lula pot inutilitzar tot un camp de cèl·lules en sèrie, i la nova configuració solucionava aquest problema. Actualment el Despertaferro és al Museu de la Ciència i la Tècnica de Terrassa amb el sostre australià. El segon sostre es troba disponible a l'ETSEIB, i són aquestes plaques solars les que es volen recuperar per a la Lady.

Inicialment es va plantejar fer un sostre semirígid per tal de protegir la maquinària instal·lada a la part de popa. També es va plantejar d'instal·lar plaques solars al damunt del sostre per utilitzar-les per carregar les bateries. Ajuntant ja les dues idees es va estudiar la possibilitat de fer un sostre fix i permanent amb les plaques fotovoltaïques que alhora protegís la popa oberta, però es va descartar aquesta opció perquè els panells de que es disposa no estan indicats per estar exposats al sol ni a fenòmens meteorològics llargs períodes de temps, tant per la protecció dèbil que els cobreix (pel·lícula d'EVA – etilè vinil acetat) com per la lleugeresa que els caracteritza. Vistes les limitacions que hi ha per les dimensions de la llanxa i per les característiques de les pròpies plaques s'ha optat per dissenyar un sostre retràctil, que permeti tenir-les exposades quan interressi captar energia i recollir-lo sota el sostre fix quan es vulgui protegir-les del sol o de les inclemències meteorològiques.

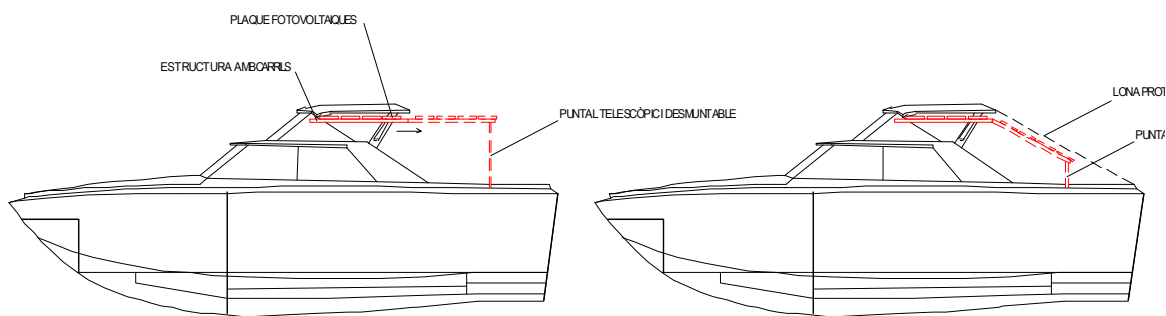
El sostre fotovoltaic constarà de 4 panells disposats en sentit transversal, de costat a costat. Aquests panells aniran muntats en dos perfils en U d'alumini (un per cada costat de l'embarcació) i tancaran el quadre per proa i popa dos tubs de PVC rígid, que faran més senzilla la construcció i protegirà de possibles cops contra arestes a la tripulació. Els perfils d'alumini correran per unes guies (imatge 12) que permetran exposar les plaques al sol o amagar-les sota el sostre de fibra. En el primer cas, uns puntals extraïbles sostindran el sostre per la popa (puntals telescòpics, per poder variar el grau d'inclinació respecte del sol); en el segon cas uns dispositius asseguraran el marc amb les plaques a l'estructura de fibra, quedant les plaques completament protegides sota el sostre de l'embarcació. També s'ha considerat la possibilitat de tenir les plaques exposades al sol quan no hi hagi ningú a bord, col·locant-les en una inclinació que vagi des dels sostre seguint la línia que va d'aquest fins a la regala de popa de la llanxa, i cobrint-lo amb una lona amb finestra plastificada per tal de permetre que la llum incideixi sobre els panells i alhora protegir aquests i la part de popa de l'embarcació que no queda sota el sostre fix.



Imatge 12 – Rails sobre els que corre el marc amb les plaques FV¹⁴.

¹⁴ Imatge disponible a <http://www.herrajesmeaton.com/productos/correderas/>

El disseny d'aquest sostre es pot veure a continuació (figura 4), on es poden observar les diferents posicions que podran adoptar els panells: recollits a sota del sostre de l'embarcació o exposats al sol amb la inclinació que es desitgi. Els detalls constructius es poden veure al plànol 07 - DISPOSICIÓ PLAQUES FOTOVOLTAIQUES, inclòs a l'Annex B.



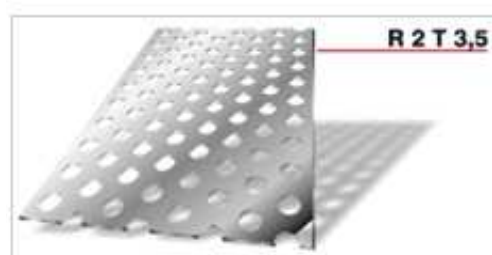
07

Figura 4 – Perfils de l'embarcació amb el sostre fotovoltaic desplegat.

3.2.3 PROTECTORS MAQUINÀRIA

S'han dissenyat uns protectors per a les màquines per tal de protegir-les de l'aigua i protegir les persones embarcades de possibles accidents per contacte directe amb aquestes. S'ha previst una coberta comuna per al grup generador i propulsor que es podrà utilitzar com a banc o taula de treball. Els laterals d'aquesta caixa protectora aniran reixats per tal de garantir la circulació d'aire per les màquines (imatge 13). També s'ha pensat a protegir la caixa d'estiba de combustible, permetent que una persona hi pugui estar a sobre, i d'aquesta manera fer més còmoda l'habitabilitat de la banyera. Els panells que s'usaran (de l'estil al de la imatge 14), tant per a la construcció del cofre d'estiba de combustible com per a la de la caixa protectora de les màquines, són panells sandwich ignífugs, que augmentaran el nivell de seguretat en aïllar la zona d'estiba de combustible de fonts de calor i de guspies.

Pel que fa a la protecció de l'embarcació quan estigui atracada, la millor opció és posar un tendal o lona des del sostre fins a la borda dels costats i la popa.



Imatge 13 – Reixa de ventilació dels protectors de les màquines¹⁵.

¹⁵ Imatge disponible a http://www.reca.es/reportaje.asp?id_rep=154



Imatge 14 - Panell ignífug. Imatge i característiques¹⁶.

A continuació es pot veure una imatge del disseny de les cobertes de les màquines. Per veure'l amb més detall es pot consultar l'Annex B, el plànol nº 10- PROTECTORS MÀQUINES.

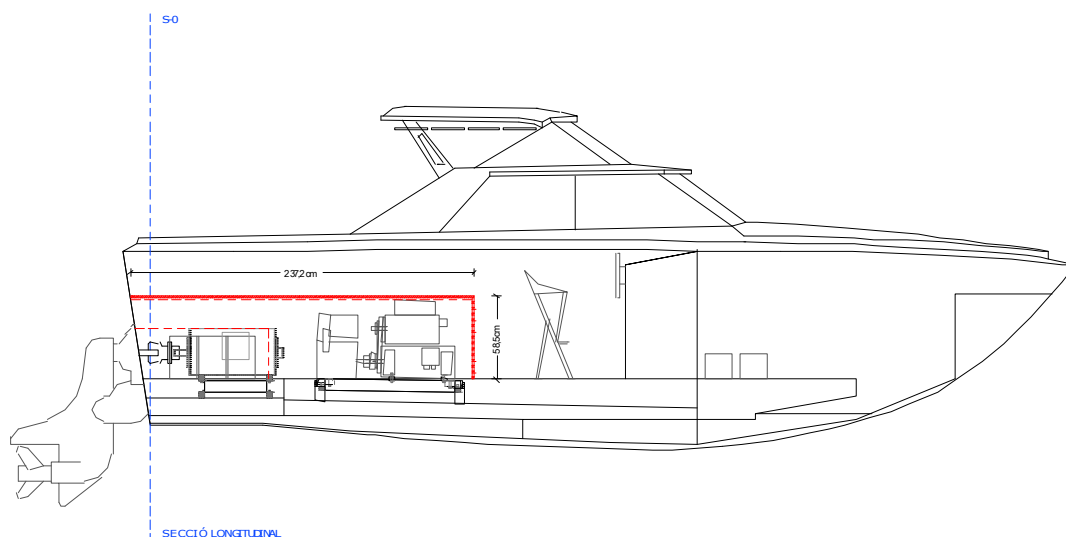


Figura 5 – Perfil de la llanxa amb la coberta de les màquines.

¹⁶ Imatge disponible a <http://ilerpanel.es/ignifugofachada.html>

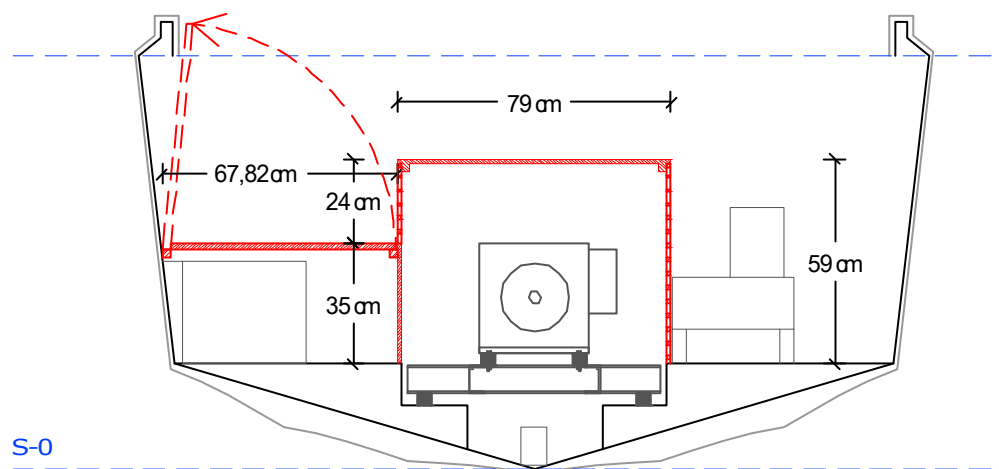


Figura 6 – Secció transversal amb el protector del MP i de la caixa d'estiba de combustible.

4 ESTABILITAT I CONTROL DE PESOS

Arran dels canvis que s'han realitzat a la Lady s'ha hagut de calcular el nou centre de gravetat i de carena de l'embarcació. Tot i que s'ha contactat amb la drassana per demanar informació de les coordenades del centre de gravetat (G), del centre de carena (C) i del metacentre (M) inicial, finalment no s'han pogut obtenir aquestes dades¹⁷. La única informació de la qual s'ha disposat ha sigut el pes de la llanxa en entrar a la drassana del CEF (1835 kg), els pesos que s'han tret de bord (712 kg) i les dades poc precises del certificat de navegabilitat i del fulletó de publicitat del fabricant. No es disposa de cap coordenada dels pesos extrets.

PESOS EXTRETS DE LA LADY	
Material	Pes (kg)
Cables	32
Fustes	97
Metall	80
Dipòsit + lavabo	22
Fustes	26
Barana i peces ferro	46
Moqueta	16
Moqueta + coberta motor	22
Motor	298
Dipòsit combustible	23
Combustible	30
Total	712
Pes inicial	1835
Pes buc & estructura	1123

Taula 1 – Pesos extrets de l'embarcació.

SeaRay 3600 lb aprox -> 1633 kg. 60ga combustible -> 227l -> 193 kg màxim 6pax.
Certificat navegabilitat No dóna desplaçament Càrrega màxima -> 600 kg.

Taula 2 – Dades del fabricant i del certificat de navegabilitat.

¹⁷ Es va contactar amb la drassana SeaRay via e-mail per demanar tant aquestes dades com plànols o diagrames de l'embarcació, i la seva resposta va ser: "Concerning drawings/diagrams/details for your 1976, unfortunately SeaRay does not have any diagrams available in archives for boats manufactured during the 70's". (e-mail del 17 de març del 2011).

Partint de les dades de la taula anterior i dels plànols aixecats de la llanxa s'ha procedit de la manera que es detalla tot seguit. Les taules incloses en aquest apartat són un resum dels càlculs fets, el desenvolupament detallat està a l'Annex C.

1. S'ha definit un centre de coordenades, éssent:

Eix X: del punt més a popa del buc cap a proa (signe positiu).

Eix Y: en sentit transversal. De la línia de crugia cap a estribord s'ha atorgat el signe positiu, i cap a babord el negatiu.

Eix Z: de la línia base cap amunt, de signe positiu.

2. S'ha fet el plànol de formes del vaixell (inclòs a l'Annex B). Aquest plànol s'ha desenvolupat a partir dels plànols inicials ja fets. S'ha de dir que no és gaire exacte, ja que les medicions del vaixell no s'han de forma metòdica, sinó que s'han agafat les que s'han pogut per la col·locació del vaixell a la drassana i de l'equipament que hi havia a bord. D'aquesta manera el plànol de formes és una derivació dels ja existents i només s'ha fet servir per a facilitar els càlculs derivats de les formes del vaixell. A causa del grau de definició d'aquests es vol aclarir que els valors finals obtinguts en aquest capítol seran una bona aproximació, però no son conclusius.

3. Amb les dades extretes del plànol de formes s'han calculat les àrees de flotació i les àrees de quaderna, mitjançant la regla dels trapezis i la primera regla de Simpson. A partir d'aquí i s'ha calculat el volum de la carena i el seu centre de gravetat. S'han obtingut tres volums diferents, depenent de com s'han enfocat els càlculs (si per àrees de flotació o de quaderna) i de la regla usada. La diferència és pot atribuir a les dades dels plànols i a les regles usades (teòricament usant Simpson s'obté un valor més exacte). A partir d'aquí s'han calculat les moments relatius a l'eix X i a l'eix Y, i amb aquests i els volums s'ha obtingut les coordenades del centre de carena. Com que es tenien tres volums s'ha fet una mitja d'aquests i també una mitja de les coordenades Cx i Cz calculades amb cadascun dels volums. Els resultats obtinguts són:

CENTRE DE CARENA	
Cx	278,8 cm
Cy	0 cm
Cz	33,3 cm

Taula 3 – *Coordenades del centre de carena C.*

La coordenada Cy no s'ha calculat ja que, per definició, quan el vaixell és simètric la coordenada transversal estarà en el pla de crugia i, per tant, tindrà valor 0. S'ha de remarcar

que la coordenada Cz no és altra que KN, necessària en qualsevol vaixell per als càlculs d'estabilitat.

4. Seguidament s'ha calculat el centre de gravetat. Com que no es tenien dades dels gruixos del buc, s'han agafat dades de les densitats dels escantillonats d'altres projectes similars, en funció de la zona del vaixell: quilla, obra viva, costats, mirall de popa, coberta, superestructura, interiors i vidres; s'han calculat els percentatges de densitat i s'ha fet una mitja d'aquests per a cada una de les zones marcades, de tal manera que una zona queda definida com a 10 cops o 5 cops més densa que una altra (p.exm). Amb aquests percentatges de densitat s'ha volgut definir com pesarà cada zona de la Lady en funció de les altres. Amb les àrees d'aquestes zones, les coordenades del centre geomètric de cada una d'elles i el pes de l'embarcació un cop buidada a la drassana, s'ha pogut calcular el pes total del buc i el seu centre de gravetat.

Zona	Massa (kg)	x (cm)	y (cm)	z (cm)	Mx	My	Mz
Quilla	207,40	390	0	20	80885,944	0	4147,997
Fons	319,74	390	0	54	124697,403	0	17265,794
Costats	223,56	322	0	105	71984,757	0	23473,290
Coberta	62,40	506	0	144	31575,726	0	8985,977
Vidres	88,88	360	0	193	31995,701	0	17153,251
superestructura	65,96	272	0	217	17940,954	0	14313,188
mirall popa	102,72	10	0	84	1027,206	0	8628,529
Interiors	52,35	220	0	43	11516,675	0	2250,986
Total	1123,00				371624,365	0	96219,013

gx	330,92 cm
gy	0,00 cm
gz	85,68 cm

Taula 4 – Càlcul del centre de gravetat del buc i la superestructura.

5. S'ha calculat el desplaçament en rosca i el desplaçament màxim de la llanxa, així com les coordenades dels centres de gravetat per a cada un dels desplaçaments. Per això s'han determinat els pesos de tots els elements instal·lats a bord i la seva ubicació, així com el moment provocat per cada un d'ells, per tal de deixar el vaixell adreçat transversalment (sense escora). Els resultats han sigut:

Δrosca	1.862,90 kg
Gx	281,32 cm
Gy	0,00 cm
Gz	77,34 cm

Taula 5 – Centre de gravetat per al desplaçament en rosca.

$\Delta_{\text{màx}}$	2.339,45 kg
Gx	278,57 cm
Gy	0,00 cm
Gz (KG)	83,08 cm

Taula 6 – Centre de gravetat per al desplaçament màxim.

Els càlculs d'estabilitat no s'han pogut realitzar per desconèixer la situació del metacentre. Aquesta no s'ha pogut trobar perquè no s'han pogut fer les proves d'estabilitat de les quals s'extreuen les distàncies al metacentre i les corbes d'estabilitat.

La conclusió que s'ha extret d'aquest apartat és que, malgrat que no s'ha pogut calcular l'estabilitat, per la posició del centre de carena i del centre de gravetat, el vaixell complirà quasi segur amb les normes en aquest àmbit. Aquests dos punts estan a la mateixa vertical, separats per 50 cm, estant C més baix que G, i a la part central del vaixell tirant cap a popa. En cas de que fos necessari baixar el centre de gravetat per fer la Lady més estable, es podria afegir llast a la sentina, ja que, si bé s'ha igualat el pes que es tenia inicialment abans de treure res de l'embarcació, s'ha de tenir en compte que a aquest pes inicial li faltaven un 160 kg de combustible del dipòsit buit i tot el material de seguretat que no duia a bord. En total es podrien afegir, si fos necessari, uns 300 kg¹⁸.

¹⁸ Si s'agafa la mitja dels tres volums de la carena que s'han calculat es tenen 2,57479 m³ d'aigua. Per la definició del propi desplaçament (massa del volum d'aigua desplaçada) s'obtenen 2640 kg de multiplicar el volum per la densitat de l'aigua de mar. La diferència amb el desplaçament màxim calculat és d'uns 300 kg.

5 PROPULSIÓ

5.1 ELECCIÓ DE LA CADENA PROPULSORA

Després d'inspeccionar les diferents màquines que hi havia disponibles al laboratori d'Enginyeria Elèctrica de l'ETSEIB es va optar per instal·lar una cadena energètica com mostra l'esquema.

MT – ME → MP – P

MT: Motor tèrmic

ME: Màquina elèctrica de corrent continu que actúa com a dinamo.

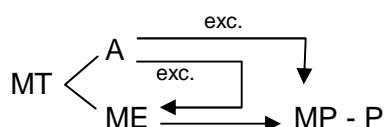
MP: Màquina elèctrica de corrent continu, que actúa com a motor propulsor.

P: Propulsor, en aquest cas una hèlix amb transmissió en z (z-drive).

Els avantatges d'usar màquines de corrent continu són que es pot controlar la velocitat amb molta facilitat i que no cal utilitzar reguladors electrònics a bord, cosa que simplifica el sistema de control de les màquines considerablement. També s'eviten interferències per polsos electromagnètics.

Després de provar el grup electrògen (MT-ME), s'ha vist que, tal i com es volia muntar, no garantia el bon funcionament de la cadena propulsora. L'excitació en paral·lel que es va assajar va demostrar ser molt inestable: el magnetisme remanent de la dinamo és molt elevat (pot arribar als 30 V), i això genera un comportament inestable del motor propulsor en règims de baixes velocitats, fins i tot arribant a girar al revés. Aquest comportament de la cadena propulsora és inadmissible en maniobres de port, per la qual cosa s'ha decidit instal·lar una font d'electricitat independent de la dinamo per controlar l'excitació d'aquesta i del motor propulsor. Per aquesta funció s'ha instal·lat un alternador trifàsic de 5,5 kVA que, a més de les sortides per alimentar les excitacions del ME i el MP, pot alimentar altres serveis. Els beneficis d'aquesta nova composició de la cadena energètica compensen la complicació mecànica que se'n deriva.

La nova cadena energètica va muntada com mostra l'esquema:



MT: Motor tèrmic.

ME: Màquina elèctrica de corrent continu que actúa com a dinamo.

A: Alternador síncron que actúa com a excitatriu del motor propulsor i de la dinamo.

MP: Motor elèctric de corrent continu, que actúa com a motor propulsor.

P: Propulsor (z-drive).

Els següents esquemes mostren la planta i l'alçat vista a babord de la distribució de la cadena energètica a bord. Per a més detalls es poden consultar els plànols 04- DISPOSICIÓ GENERAL MÀQUINES. PLANTA, 05a i 05b- DISPOSICIÓ GENERAL MÀQUINES. SECCIÓ LONGITUDINAL BR I ER, i 06- DISPOSICIÓ GENERAL MÀQUINES I ESCAPAMENTS. SECCIONS TRANSVERSALS, tots ells a l'Annex B.

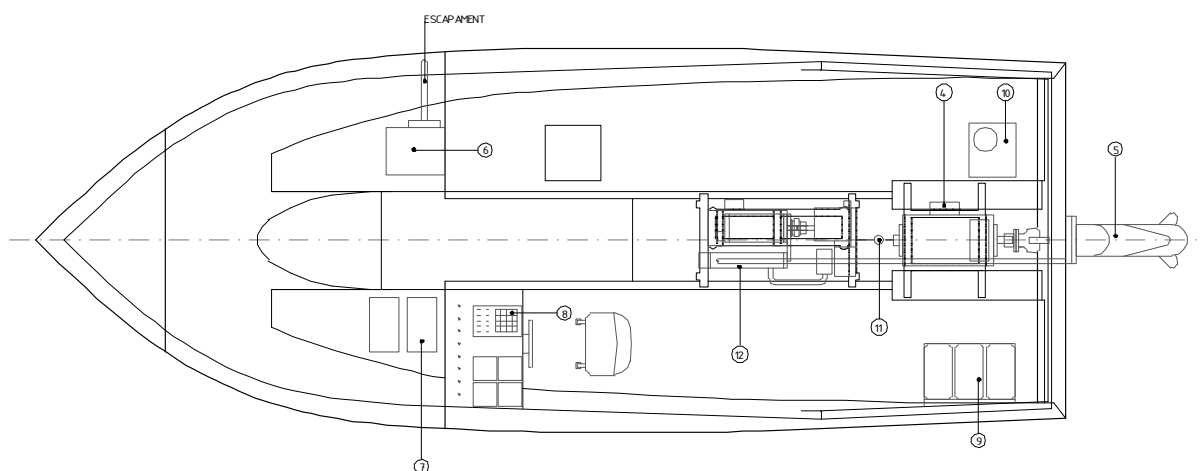


Figura 7 – Vista en planta de l'emplaçament de les màquines a bord.

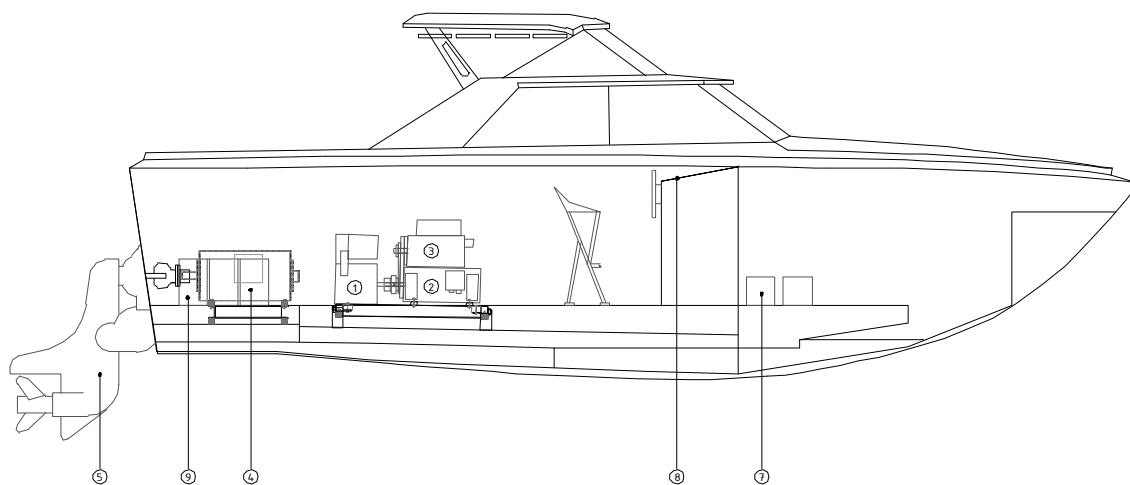


Figura 8 – Vista del perfil de babord.

En aquest projecte només es fa un esbós del disseny de la cadena energètica. L'estudi en profunditat i els diferents assajos d'aquesta els està realitzant per al seu PFC en Sergi Barberan, estudiant de l'ESTSEIB.

A continuació es mostren les característiques i justificació dels elements seleccionats.

5.1.1 MOTOR TÈRMIC

El motor que subministrarà l'energia mecànica a la dinamo és un HONDA GX390.

HONDA GX390 motor de 4 temps monocilíndric	
Dimensions (LxBxH)	380x460x448 mm
Pes en sec	31,7 kg
Potència neta (3600 rpm)	8,7 kW / 13 CV
Potència neta (3000 rpm)	7,5 kW / 10,1 CV
Parell motor net màxim	26,5 N.m a 2500 rpm
Capacitat oli motor	1,1 l
Capacitat dipòsit combustible	6,1 l
Tipus de combustible	Benzina sense plom 95 o 98 octans
Consum específic de combustible ¹⁹	230 g/HP.h 0,308 kg/kW.h
Autonomia	1,5h a màxima potència.
Diàmetre eix	25 mm
Arranc	Elèctric (clau de contacte) / manual (piola retràctil)
Bateria per al motor d'arranc	12V – 18 Ah ~ 12V – 30 Ah
Sistema de refrigeració	Aire forçat

Taula 7 - Característiques del motor HONDA GX390.

¹⁹ Dada extreta de <http://www.baper.net/honda/motores/html/gx390.html>



Imatge 15 - Motor HONDA GX390.

Aquest element s'encarregarà d'arrossegat la dinamo. El seu règim de treball serà estacionari a 3000 voltes. En cas que calgués, el motor té un regulador de velocitat mecànic que admet un cert control del seu règim de gir.

L'alimentació original d'aquest element es realitza a partir d'un petit dipòsit de benzina que porta incorporat. Un cop calculada l'autonomia d'aquest dipòsit (veure Annex F per a tots els càlculs relacionats amb l'autonomia), que és d'1h 50min aproximadament i de 7,2 milles per a una velocitat constant de 4 nusos (els càlculs són teòrics, dependrà de les condicions de navegació), es pot veure que el volum de combustible inicial és insuficient. Com que no té sentit parlar d'una velocitat constant, i tampoc no se sap la velocitat a la qual realment navegarà l'embarcació, s'ha calculat el volum de combustible que seria necessari per a una autonomia de 5 hores, que serien uns 17 litres, aproximadament. S'ha considerat que 5 hores d'autonomia és temps més que suficient per una jornada de proves²⁰.

Vist que es necessita més combustible que del que permet el dipòsit actual, s'ha de disposar a bord d'espai per a l'estiba de combustible. D'entrada hi ha dos possibles solucions: dotar l'embarcació de vàries garrafes de combustible per tal reomplir el dipòsit del motor (com en un foraborda) i garantir l'autonomia o bé instal·lar un dipòsit de combustible separat que alimenti el motor.

La primera és més senzilla, però és molt possible que Inspecció Marítima no l'accepti, ja que el repostatge del motor ha de seguir unes normes de seguretat: el motor ha

²⁰ No hi ha cap normativa que indiqui la quantitat de combustible que s'ha de dur a bord d'una embarcació per garantir una autonomia mínima. Els valors indicats de 17 litres o 5 hores són els que s'han considerat en aquest PFC que garantien un bon marge de seguretat, però es poden variar en funció del temps que es calculi que duraran les proves de mar. Així mateix és possible que durant aquestes proves es compti amb el suport d'una altra embarcació que pugui remolcar la Lady en cas de necessitat, donada la poca fiabilitat inicial de la cadena propulsora.

d'estar parat i fred, en un lloc ben ventilat i sempre lluny de guspises o flames. Per tant s'ha de garantir que el transvasament de les garrafes al dipòsit del motor es faci de tal manera que no pugui haver cap vessament, mitjançant una mànega i una bomba manual, o garantir que el dipòsit serà reomplert amb la llanxa amarrada i el motor parat (és a dir, la durada de les proves no hauria de ser superior a l'autonomia que proporciona el dipòsit).

La segona opció és eliminar el dipòsit de sèrie del motor i instal·lar-ne un de separat que garanteixi la seguretat a bord. Eliminant el dipòsit del motor es garanteix separar la benzina del focus de calor que suposa el motor. En el projecte de l'ETSEIB d'un Seat 600 híbrid, es va optar per aquesta segona opció, que va facilitar la legalització del vehicle. Tot i que la legislació marítima i el seu modus operandi són diferents, no deixa de ser un referent per a la Lady.

Si finalment s'adopta l'opció d'instal·lar un tanc, i en previsió de futur, seria lògic fer el dimensionament del mateix per a una major autonomia, ja sigui amb un únic tanc o amb dos. L'opció de dos tancs de combustible permet tenir-ne un de petit (20 litres aproximadament) que faci la funció de tanc diari, de cara a abastir el motor actual amb les necessitats actuals (proves i formació, navegacions de curta durada bàsicament en l'entorn portuari), i un de més gran per a possibles necessitats futures: canvis en el règim de treball de la Lady (navegacions més llargues i més freqüents) i possible substitució d'aquest motor. En aquest cas, s'ha d'acabar de definir com s'alimenta el motor (si s'instal·la una petita bomba amb aquesta finalitat, se n'ha d'estudiar el consum elèctric i mirar el temps que les bateries podrien garantir el seu funcionament), així com també instal·lar un nivell per al control de combustible.

Als plànols 04 i 05b, inclosos a l'Annex B, es pot veure l'espai destinat a l'estiba de garrafes de combustible, dins d'un espai estanc per evitar accidents en cas de vessament. En aquests mateixos plànols i també en el 06 es pot veure el disseny dels escapaments.

L'Annex E inclou el manual del propietari, on es detalla la informació tècnica del motor, les instruccions d'operació, de seguretat i de manteniment.

Un cop explicades les solucions possibles per a aquesta màquina, tot seguit es detalla el manteniment que se li ha fet a el CEF i el que encara cal fer.

- Manteniment fet:
 - Obrir i netejar el motor, neteja del carburador.
 - Soldar dos cables a la placa d'arranc.
 - Verificar el funcionament: arrencada manual i elèctrica. Bendix correcte.

- Manteniment pendent:
 - Neteja a fons i pintura.
 - Canvi de les juntes de balancins, culata i carburació.
 - Canvi de la vàlvula de combustible (no talla el pas d'aquest).
 - Canvi de la coberta del silenciador (foradada per l'òxid).
 - Canvi de l'oli del motor.
 - Comprovar l'estat del filtre de l'aire i substituir en cas necessari.
 - Comprovar la folga de les vàlvules i l'estat de la bugia.

Un altre aspecte a comentar és el tipus de combustible que s'utilitza a bord, tractat a l'ordre del Ministeri de Foment *ORDEN FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo*²¹ (Ordre FOM/1144/2003).

Segons l'article 19 d'aquesta ordre, el combustible que s'usa en el motor HONDA (benzina sense plom de 95 o 98 octans) pertany al grup 1, ja que el seu punt d'inflamació és inferior al 55°C (està per sota dels -40 °C qualsevol que sigui el tipus de benzina utilitzada), és a dir, que a partir dels -40 °C es desprenen vapors que, barrejats amb l'aire, s'inflamen en presència d'una font ígnia.

El fet que el combustible pertanyi al grup 1 comporta que s'hagi de dotar a l'embarcació d'un equipament extra en matèria de seguretat i prevenció d'incendis, que es detalla breument a continuació:

- Instal·lació fixa d'extinció d'incendis en el compartiment del motor que eviti obrir el compartiment en cas d'incendi.
- El motors interiors amb arrencada elèctrica han de disposar d'un ventilador elèctric antideflagrant amb descàrrega directa a l'exterior capaç de renovar l'aire del compartiment del motor i dels tancs de combustible en menys de quatre minuts, per renovar l'aire abans de l'arrencada del motor.
- Les bombes que estiguin en espais tancats que continguin motors o tancs de combustible hauran de ser antideflagrants.

Com es pot veure el fet de tenir a bord benzina suposa més equips, un cost més elevat del projecte i, sobretot, més obstacles a superar per tal de que Inspecció Marítima

²¹ Publicada al BOE del 12 de maig del 2003. Es pot consultar a la pàgina web del Ministeri de Foment en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/05/12/pdfs/A18144-18152.pdf>

autoritzi a fer les proves de mar d'aquest prototip. Malgrat això, és possible que hi hagi una altra opció que permetria simplificar el procés: el fet que la instal·lació es pugui considerar una dins-foraborda, ja que part està per fora del buc: el z-drive.

L'apartat 2.c de l'article 2 de l'Ordre FOM/1144/2003, indica que les embarcacions experimentals queden excloses de l'àmbit d'aplicació d'aquesta Ordre, així que en el cas de la Lady no cal complir la normativa, sempre i quan Inspecció Marítima hi estigui d'acord. Però el més recomanable és que, de cara al futur, si es vol donar continuïtat a l'embarcació, el grup generador que s'instal·li funcioni amb gasoil. D'aquesta manera s'evitaran les complicacions de la benzina (el gasoil té un punt d'inflamació per sobre del 55° C; és un combustible que no pertany al grup 1) i augmentarà la seguretat a bord.

5.1.2 DINAMO

La dinamo és un motor de corrent continu de l'any 1982 de la casa NOVAT, concretament el model TPV112L.

MOTOR NOVAT TPV112L			
Motor de corrent continu			
Nº Sèrie	130558M	Any	juny 1982
Diàmetre eix	28 mm	Dimensions (LxBxH)	590x220x230 mm
Rpm	1460	Potència neta	4,5 kw / 6,1 CV a 1460 rpm
V induït	180 V	V excitació	195 V
I induït	27,5 A	I excitació	1,85 A
IP	2,2	F.F	1,4
Ins. Class	F	Pes	80 kg

Taula 8 - Característiques del motor de CC NOVAT TPV112L .



Imatge 16 - Dinamo.

Aquest elemen, arrossegat pel motor de combustió, és el que generarà l'electricitat necessària que alimentarà el motor propulsor.

A l'hora d'escollir la màquina de contínua hi havia dos opcions: una de 80 kg i l'altra de 230 kg. S'ha escollit la més lleugera per no comprometre l'estabilitat de l'embarcació, com ja s'ha explicat en el capítol 4.

Si s'analitza el grup generador en conjunt, es pot veure que d'entrada hi ha una discrepància en les velocitats de funcionament: el motor tèrmic funcionarà a un règim constant de 3000 rpm i la placa de característiques del motor de contínua ens indica una velocitat màxima de 1460 rpm i una potència de 4,5 kW. Com que interessa augmentar la potència s'ha decidit forçar la màquina de contínua i fer-la treballar a més revolucions, enlloc de disminuir les revolucions del motor de combustió. Fent que la dinamo treballi a 3000 rpm, amb la mateixa excitació es doblarà la tensió de 180 V a 360 V, si es manté el corrent nominal s'obtindrà una potència d'uns 9 kW.

El fet de forçar la velocitat té conseqüències que poden disminuir la vida útil de la dinamo: a nivell mecànic, l'eix i els rodaments patiran més esforços, també augmentarà la temperatura de treball de la dinamo, cosa que ocasionarà més pèrdues en el ferro, i s'haurà de garantir que els dielèctrics i el col·lector resisteixin la sobretensió. L'envelliment dielèctric i d'escombretes de la màquina, només es produirà durant els episodis de propulsió efectiva a màxima potència, on la tensió generada per la dinamo s'apropi als 400 V; la resta del temps la dinamo resta subexcitada generant tensions molt inferiors. D'entrada, però, durant els assajos duts a terme per en Sergi Barberan, la màquina no ha presentat problemes en aquest sentit, i s'ha considerat que és una actuació perfectament assumible i amb un important contingut didàctic sobre màquines elèctriques que justifiquen aquest risc.

Com que el règim de treball de l'embarcació no serà de gaires hores seguides ni gaires dies a la setmana, tenint en compte el destí experimental i docent que se li vol donar, el sobreescalfament serà mínim. Es pot mitigar forçant la ventilació amb aire i fent que el motor no treballi gaires hores seguides. L'estudi de la ventilació de la màquina l'està realitzant en Sergi Barberan, i s'explica breument a l'apartat 5.7.

La possible disminució de la vida útil de la màquina s'ha assumit tenint en compte les hores de funcionament que tindrà la Lady: es sacrificarà vida d'aquesta per tal d'obtenir kilowatts extra de potència.

5.1.3 MOTOR PROPULSOR

L'element destinat a aquesta finalitat és un motor de corrent continu de la casa ABB.

MOTOR ABB DMP 160-4S motor de corrent continu IEC 34-1-1969 / Fr 157			
Nº Sèrie	160415528	Any	1969
Diàmetre eixos		Dimensions (LxBxH)	795x505x320mm
Rpm	925	Potència neta	17,9 kW
V induït	440 V	V excitació	220 V
I induït	50 A	I excitació	4,76 A
IP	23	Duty	51
IC	6	IM 1001	301-MC
Ins. Class	F	Pes	190 kg

Taula 9 - Característiques del motor de CC ABB DMP 160-4S.



Imatge 17 - Motor propulsor ABB.

Aquest element serà l'encarregat de subministrar l'energia necessària a l'hèlix per propulsar l'embarcació.

El motor original de la Lady era un Mercruiser. No es conserva la placa de característiques, per la qual cosa no es pot saber el model concret, però amb la potència que indica el certificat de navegabilitat, que és de 138,24 kW, l'any de construcció de la Lady (1976), el fet de ser un sterndrive (dins-foraborda), i les consultes fetes a varis mecànics navals i pàgines d'internet i s'ha arribat a la conclusió de que era el model *Ford 302 ci* de

188 HP²² (140 kW), que treballa a velocitats màximes d'entre 3800 i 4200 rpm amb condicions de càrrega i 500 – 600 rpm amb el motor al ralenti i l'hèlix embragada.

Després d'aplicar la reducció 3:2 que incorpora el z-drive, s'obté que la velocitat màxima a la que girava l'hèlix originàriament era d'entre 2800 i 2530 rpm, i amb el motor a baixa velocitat l'hèlix rotava a 330 – 400 voltes. Aquestes dades donen una idea del comportament de l'hèlix amb el motor antic, i permet comparar el comportament d'aquest amb el motor propulsor que es pretén instal·lar i preveure les prestacions que podrà donar el conjunt.

És evident que les prestacions de les dues màquines (la vella i la nova) són molt diferents. D'una banda es té el motor antic amb un règim de treball de 4000 voltes (2650 d'hèlix) i un parell màxim de 330 Nm aproximadament. De l'altra, el motor actual podria proporcionar 925 rpm (616 d'hèlix) i 185 Nm de parell nominal màxim aproximat, i uns 500 Nm durant uns breus segons en règims de sobrecàrrega, però s'ha de recordar que en condicions de règim permanent no arribarà a aquests valors perquè el grup generador no podrà proporcionar-li l'energia que necessita per assolir-los.

Malgrat que l'hèlix no tindrà el comportament d'abans, per a la finalitat de la Lady i la seva zona de navegació tampoc caldrà que arribi a proporcionar les mateixes prestacions de velocitat. Encara que no es tenen dades de la velocitat exacta que assolía en el passat, sí que se sap que era una llanxa ràpida (podria ser que arribés perfectament als 30 nusos) i que el motor estava sobredimensionat per les dimensions de l'embarcació. Amb el motor actual és molt possible que navegui entre 3 i 4 nusos, amb pics de fins a 5. No és una velocitat gaire alta, però segura i suficient per a estudiar el comportament de la cadena energètica.

Si en un futur interessa que la Lady navegui a velocitats més altes hi ha diverses opcions:

- Treure la reducció que incorpora el z-drive o afegir una multiplicadora entre el MP i la cua. Aquesta solució presenta l'inconvenient de que el parell seria menor.
- Canviar l'hèlix. Fer un estudi del propulsor i dissenyar-ne un de més adequat per al motor actual.
- Canviar el grup generador per un de major potència que sigui capaç de subministrar els 440 V i 50 A que alimenten el MP.
- Canviar el motor propulsor per un altre amb una velocitat nominal més elevada.

²² En el següent enllaç es poden consultar les característiques de diferents motors Mercury, en funció de l'any de fabricació i la potència: http://www.piranha.com/MerCruiser_SternDrives.php

Evidentment es podrien combinar diferents d'aquestes opcions en funció dels costos i del material disponible.

5.1.4 EXCITATRIU

La màquina destinada a excitar la dinamo i el motor propulsor és un altrenador trifàsic de la casa LINZ ELECTRIC, amb regulador de tensió electromagnètic compound.

GENERADOR SÍNCRON LINZ ELECTRIC E1S10M G			
Corrent altern trifàsic			
Potència sortida	5,5 KVA	Tensió	230/400 V
N	3000 rpm	Intensitat	13,8/7,9 A
Freqüència	50 Hz	Grau de protecció	IP21
Diàmetre eix		cos fi	0,8
Dimensions (LxBxH)			

Taula 10 - Característiques de l'alternador.



Imatge 18 – Alternador que actuarà com a excitatriu.

L'alternador anirà col·locat sobre la dinamo, de tal manera que el seu eix estarà a la vertical de l'eix de la dinamo. Aquesta girarà solidària amb el motor tèrmic mitjançant un acoblament flexible i transmetrà la velocitat de rotació a l'alternador amb un acoplament per cadena.

La velocitat nominal d'aquesta màquina és de 3000 rpm (per obtenir els 50 Hz de sortida que es volen), cosa que obliga el motor tèrmic a subministrar aquesta velocitat i la dinamo a girar a la mateixa, proporcionant 9 kW (sempre que el corrent assoleixi el valor nominal a la nova tensió nominal de 390 V, que és el doble de l'original).

L'altrenador proporciona corrent altern a 230 V- 13,8 A i 400 V- 7,9 A. Aquest corrent tindrà tres funcions: alimentar les excitacions de la dinamo i del motor, alimentar el ventilador de circulació d'aire de refrigeració de les màquines i subministrar electricitat a diferents aplicacions i aparells que pugui haver-hi a bord (carregar bateries, bomba hidràulica, estabilitzadors, etc.). L'excitació de la dinamo i del MP s'alimentaran a través de la sortida monofàsica (230 V), adientment rectificades, mentre que la sortida trifàsica (400 V) s'utilitzarà per alimentar la ventilació i els altres aparells o sistemes (s'ha d'estudiar si podrà ser de forma simultània o no).

Per a la funció d'excitació de les màquines s'ha calculat una potència d'excitació d'aproximadament 1500 W (per a la dinamo $195 \text{ V} \times 1,85 \text{ A} = 361 \text{ W}$, i per al motor propulsor $220 \text{ V} \times 4,76 \text{ A} = 1047 \text{ W}$), que l'alternador proporciona sense problemes, però caldrà instal·lar rectificadors de CA a CC (pont de díodes), ja que els circuits d'excitació de les màquines estan alimentats amb corrent continu. L'excitació del motor propulsor serà fixa i s'alimentarà de la sortida de 230 V, de la qual absorbirà 5 A de forma quasi permanent (l'excitació es deixa fixa per a obtenir el màxim parell a baixes velocitats del rotor). L'excitació de la dinamo serà variable de 0 a 195 V, mitjançant un autotransformador, i posteriorment passant pel rectificador; possiblement caldrà que tingui la capacitat d'invertir la polaritat per compensar els efectes del magnetisme remanent de la dinamo (efecte comprovat en els primers assajos sense excitatriu). A continuació es mostra un esquema del muntatge de la cadena energètica.

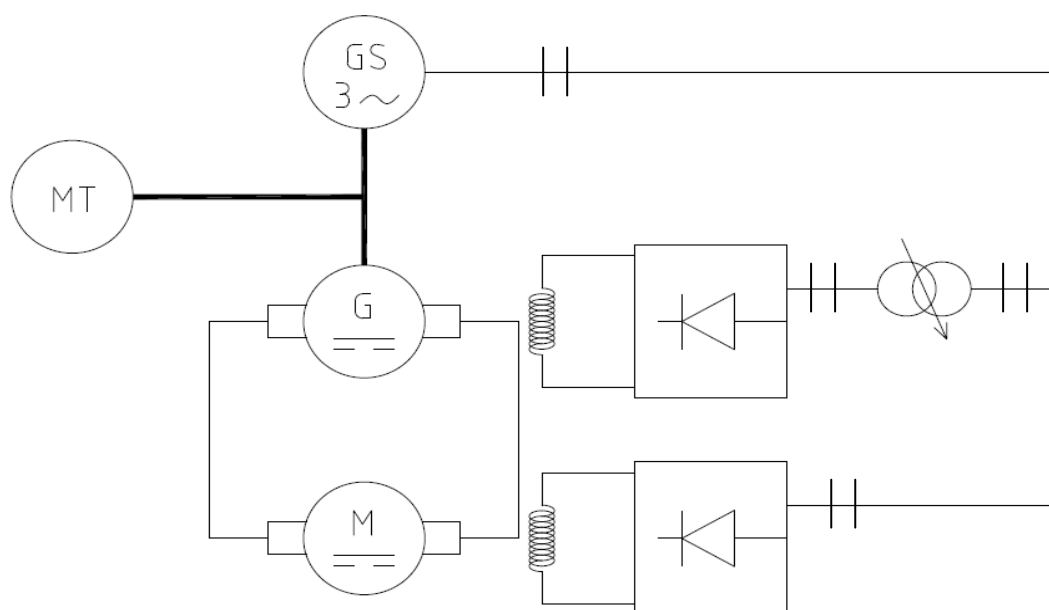


Figura 9 – Esquema del funcionament de la cadena energètica.

Dos estudiants de l'ETSEIB estan treballant en la cadena propulsora. En Sergi Barberan està desenvolupant el grup electrògen, i en Pau López ha treballat en la gestió d'energia del grup electrògen amb un autòmat programable per posar els excedents d'energia de les excitacions en un ACEE (un Acumulador Cinètic d'Energia Elèctrica, un dispositiu que permet aprofitar l'energia elèctrica no consumida per a d'altres usos) amb la intenció d'alimentar els propulsors de la RAS i utilitzar-los com a estabilitzadors o propulsors d'emergència.

5.2 ASSAJOS DE LES MÀQUINES

Quan es va decidir quines màquines s'usarien per a la cadena propulsora, una de les primeres coses que es va fer va ser verificar el nivell d'aïllament amb un Megger i el seu correcte funcionament. El motor de combustió el van verificar els alumnes del CEF, realitzant també unes primeres mesures de manteniment (que ja s'han detallat en l'apartat 5.1.1), i les màquines de contínua han estat assajades al laboratori del Departament d'Enginyeria Elèctrica de l'ETSEIB.

A la dinamo i al motor propulsor se'ls va realitzar un assaig en buit i un assaig amb el rotor travat dinamomètricament amb excitació independent, i al motor propulsor també se li van fer assaigs amb autoexcitació en sèrie i en paral·lel²³. Els assajos individuals de la dinamo i el motor es van fer el maig i el juny de l'any 2011, mentre que els primers assajos del grup generador amb l'alternador actuant d'excitatriu s'han fet durant a finals del 2012 i principis del 2013. Es va fer una primera arrencada del grup generador durant el juliol del 2012; com que es va veure que el conjunt era sòlid des del punt de vista mecànic, es va decidir seguir per aquesta via i començar a desenvolupar el control de les màquines. A la taula 11 es veuen les mesures anotades en aquesta primera arrencada.

ASSAIG GRUP ELECTROGEN	
7 de juliol del 2012	
Motor tèrmic	3600 rpm
Alternador	7 V sortida trifàsica
	4 V sortida monofàsica
Dinamo	$V_{\text{buit}} = 10 \text{ V}$

Taula 11 – Mesures del grup generador en la primera arrencada del conjunt, al juliol del 2012.

Com ja s'ha comentat en Sergi Barberan és qui està desenvolupant la cadena energètica. Els últims assajos que ha fet han sigut sobre transitoris d'arrencada del MP per a

²³ A la dinamo no se li van fer els assajos amb excitació en sèrie i paral·lel perquè en aquell moment estava a la drassana.

diferents excitacions del generador, és a dir, amb el MP desconnectat ha fixat la dinamo a un valor determinat a través de l'autotransformador, i un cop excitat s'ha connecta el MP, mitjançant un interruptor, i s'ha enregistrat el transitori de corrent i tensió d'aquest motor, així com el de velocitat de gir. Això s'ha fet per a diferents excitacions de la dinamo i, per tant, per a diferents tensions d'alimentació del MP. Les proves fetes fins ara han resultat satisfactòries: la cadena energètica funciona correctament. En Sergi actualment està analitzar en detall els enregistraments fets.

A continuació es poden veure dos dels gràfics enregistrats en diferents escales, on es veu que el MP triga uns 60 ms en establir-se. El pic de salt del gràfic correspon a la intensitat del MP, mentre que la línia de baix correspon a la tensió de la dinamo.

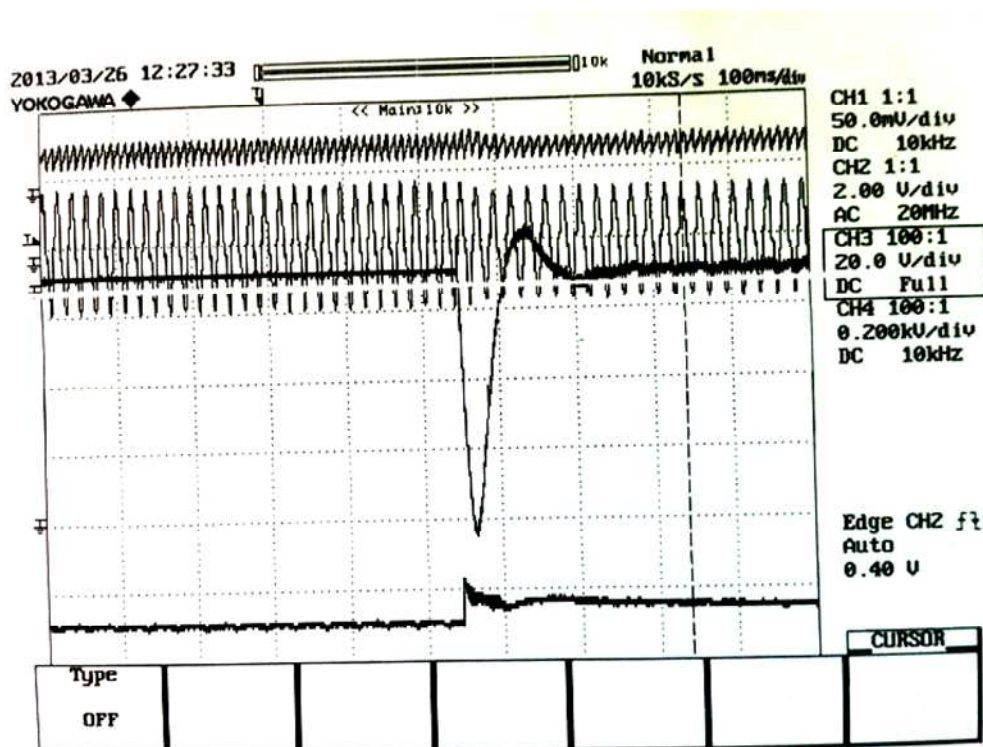


Figura 10 - Enregistrament del transitori d'arrencada. Escala 100 ms/div.

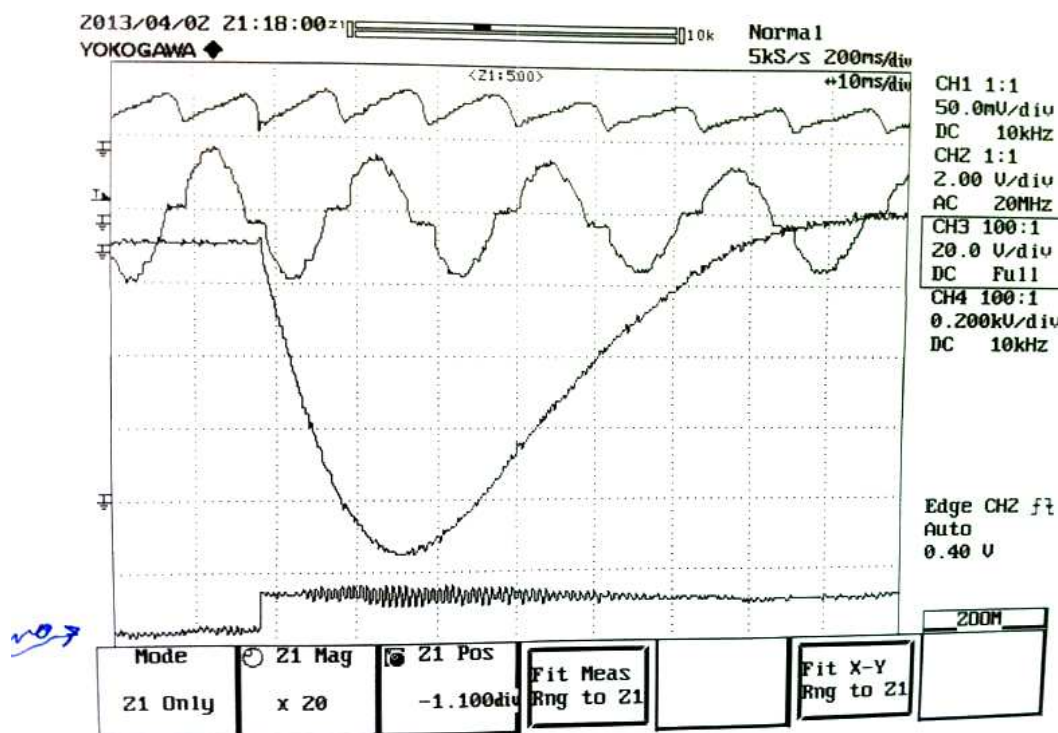


Figura 11 - Enregistrament del transitori d'arrencada. Escala 10 ms/div.

A continuació es mostren els resultats dels assajos fets a les màquines de CC durant el maig i juny de l'any passat. Tot i que en l'estat actual del projecte aquests assajos ja han quedat obsolets, s'ha considerat oportú posar-los en aquesta memòria perquè quedi constància d'ells, doncs han servit per a prendre decisions posteriors.

A les següents imatges es poden veure els esquemes dels circuits equivalents de la màquina de corrent continu amb excitació independent, en sèrie i en paral·lel.

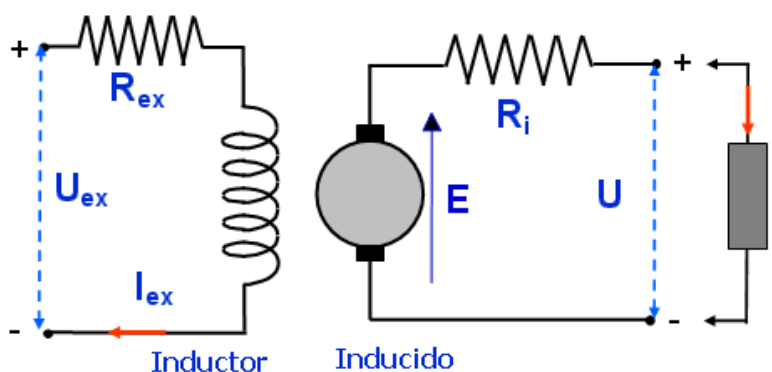


Figura 12 - Circuit equivalent de la mcc amb excitació independent²⁴.

²⁴ Les figures 1, 2 i 3 estan extretes de <http://www.tuveras.com/maquinasc/dinamo/excitaciindinamo.htm>

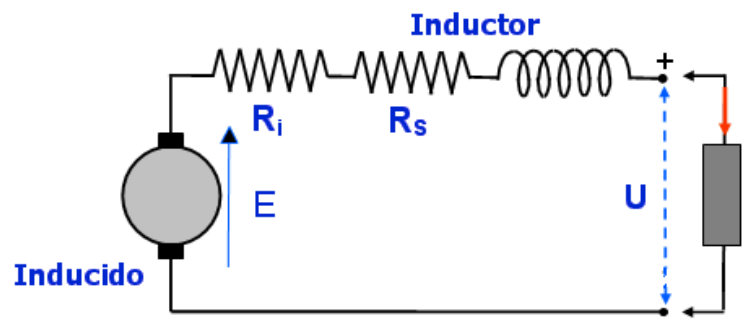


Figura 13 - Circuit equivalent de la mcc amb excitació en sèrie.

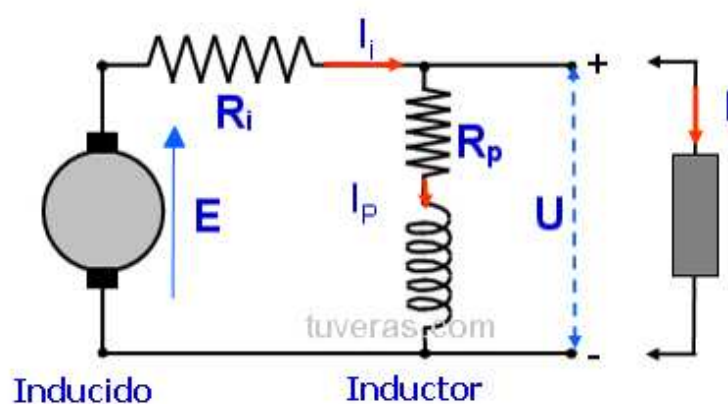


Figura 14 – Circuit equivalent de la mcc amb excitació en paral·lel.

Per als assajos s'ha utilitzat una font d'alimentació del laboratori de Màquines Elèctriques de l'ETSEIB, que disposa de dues sortides de contínua, una regulable de 0 a 230 V i 30 A, i l'altra fixa a 110 V i 40 A.

Les dades recollides es presenten en forma de taula i s'han fet gràfiques²⁵ per visualitzar la tendència que segueix el comportament de cada màquina en cadascun dels assajos realitzats.

5.2.1 DINAMO (4,5 kW) - COMPORTAMENT COM A MOTOR

S'han determinat els borns dels circuits d'excitació i d'induit i s'ha verificat l'aïllament galvànic amb un *Megger*, comprovant el valor elevat de la resistència (superior a 1 MΩ) entre els diferents circuits i les parts externes o masses de la màquina i entre borns de diferent bobinat.

²⁵ Algunes de les gràfiques representades tenen anotada al cantó l'equació extreta de la mostra representada. S'ha representat en aquelles on el tamany de la mostra és significatiu. En canvi, per a les gràfiques que s'han fet amb una mostra petita, s'ha considerat que no es tenen prou dades per extreure una equació fiable que representi el comportament de la màquina.

Els valors mesurats amb l'ohmímetre de les resistències internes dels dos bobinats han sigut:

$$R_{\text{induït}} = 3,92 \, \Omega$$

$$R_{\text{excitació}} = 76,4 \, \Omega$$

El circuit d'excitació independent s'ha alimentat a través de la font d'alimentació amb la sortida de corrent continu variable. S'han realitzat dues mesures i s'ha representat la línia que seguiria aquesta corba.

Injecció circuit excitació		
Intensitat (A)	Tensió (V)	Resistència aparent (Ω)
1,8	191,3	106,3
2	205	102,5

Taula 12 – Dades assaig excitació variable de la dinamo actuant com a motor.

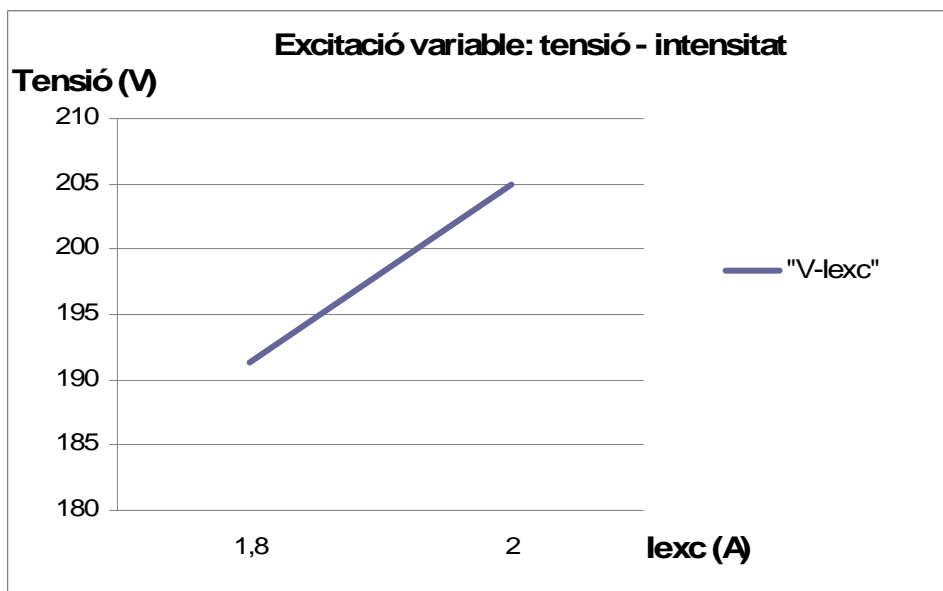


Figura 15 – Gràfica tensió – intensitat excitació de la dinamo.

Per fer l'assaig en buit, s'ha connectat el circuit d'excitació a la sortida de tensió fixa (tensió constant de 121,5V i 1,05A), i amb la sortida variable s'ha anat augmentant la tensió a l'induït per veure com evoluciona la velocitat de rotació en funció de la tensió de l'induït. La taula i la gràfica següent mostren els valor obtinguts.

Mesures induït amb excitació fixa a 1,05 A		
Intensitat (A)	Tensió (V)	Velocitat (rpm)
0,2	10,3	80
0,2	50,9	440
0,2	75,2	660

0,3	100	870
0,3	124,8	1100
0,3	150,4	1330
0,4	174,7	1550

Taula 13 – Assaig excitació fixa a 1,05 A de la dinamo, assajada com a motor.

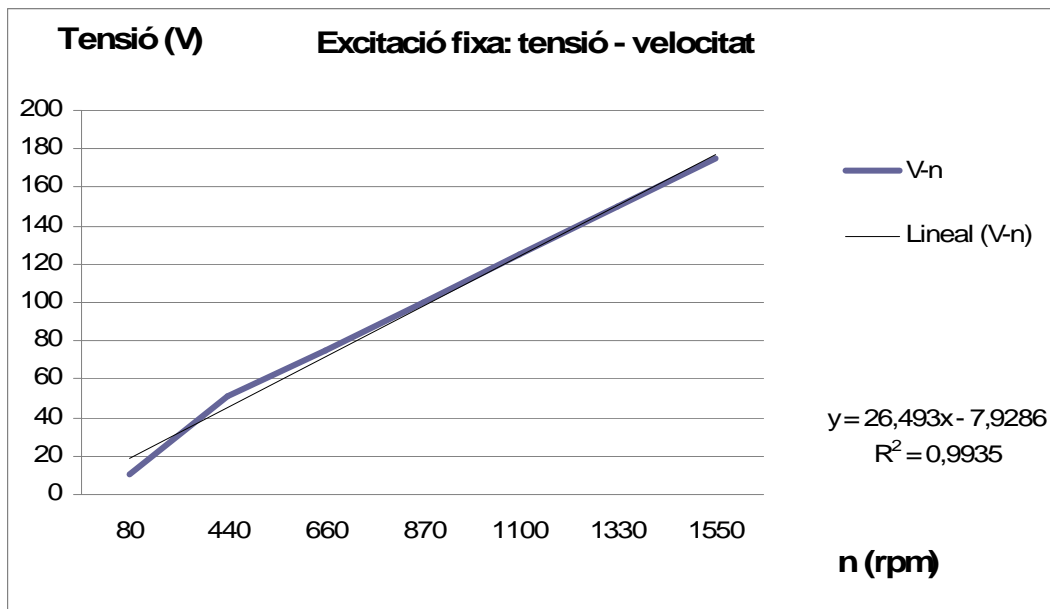


Figura 16 – Gràfica tensió – velocitat de la dinamo, assajada com a motor.

A la gràfica es pot veure que el comportament de la màquina en aquestes condicions és lineal, sempre que es mantingui l'alimentació fixa del circuit d'excitació a corrent nominal. En aquest assaig s'ha alimentat l'induït per sota de la tensió nominal, per tant, el comportament no serà el mateix que tindria a l'embarcació, però dóna una idea del funcionament de la màquina, extrapolable a partir d'aquest assaig.

Per fer l'assaig de rotor bloquejat s'ha inmovilitzat l'eix de la màquina per tal de poder mesurar el parell que pot donar en funció de la intensitat que circula per l'induït. La taula i la gràfica següents mostren els valors obtinguts.

Mesures del parell motor amb $I_{exc.} 1,85 A.$			
Distància = 504 mm			
Força (kp)	Intensitat (A)	Parell (Nm)	K_T (Nm/A)
0	1,4	0	0,00
1	4,0	4,94	1,24
2	8,9	9,89	1,11
2,6	12,7	12,86	1,01

Taula 14 – Dades assaig rotor bloquejat de la dinamo amb $I_{excitació}$ nominal.

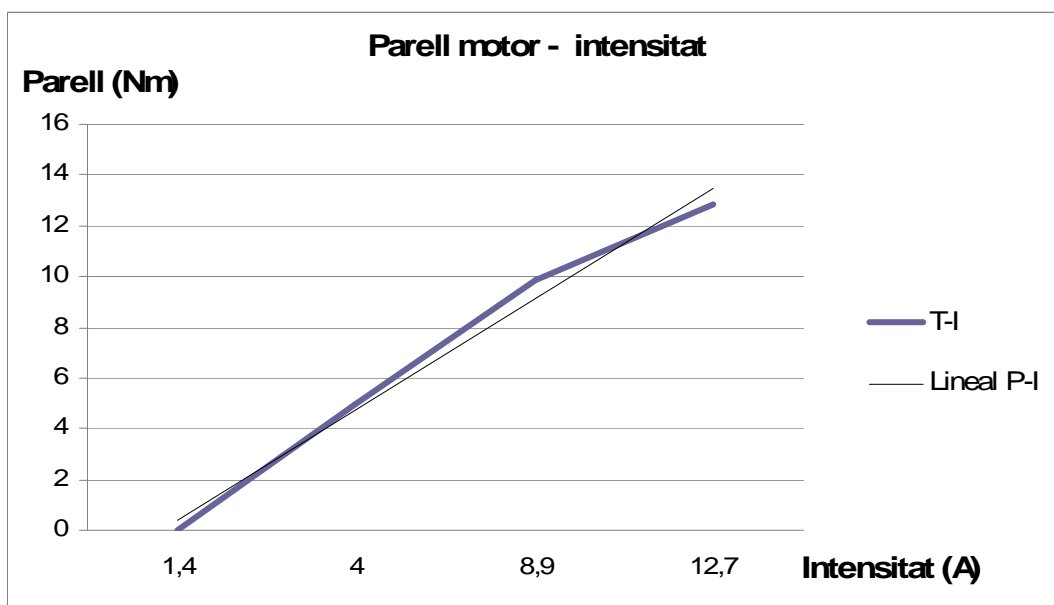


Figura 17 – Gràfica parell motor – intensitat induït de la dinamo.

Com mostra la gràfica el parell obtingut de la màquina és directament proporcional al corrent que circula per l'induït, amb una K_T d'1 Nm/A, aproximadament, per a l'excitació nominal de 1,85 A.

5.2.2 MOTOR PROPULSOR ABB (17,9 kW)

A la màquina de corrent continu de 17,9 kW se li han fet els mateixos assajos que a l'anterior, els resultats dels quals es detallen a continuació.

S'han mesurat els valors de resistència dels diferents bobinats.

$$R_{\text{induït}} = 4,64 \, \Omega$$

$$R_{\text{excitació}} = 34,5 \, \Omega$$

L'assaig d'excitació variable ha donat els següents resultats:

Injecció circuit excitació		
Intensitat (A)	Tensió (V)	Resistència aparent (Ω)
3	116	38,7
4,7	180	38,3
5,9	220	37,3

Taula 15 – Dades assaig excitació variable del MP.

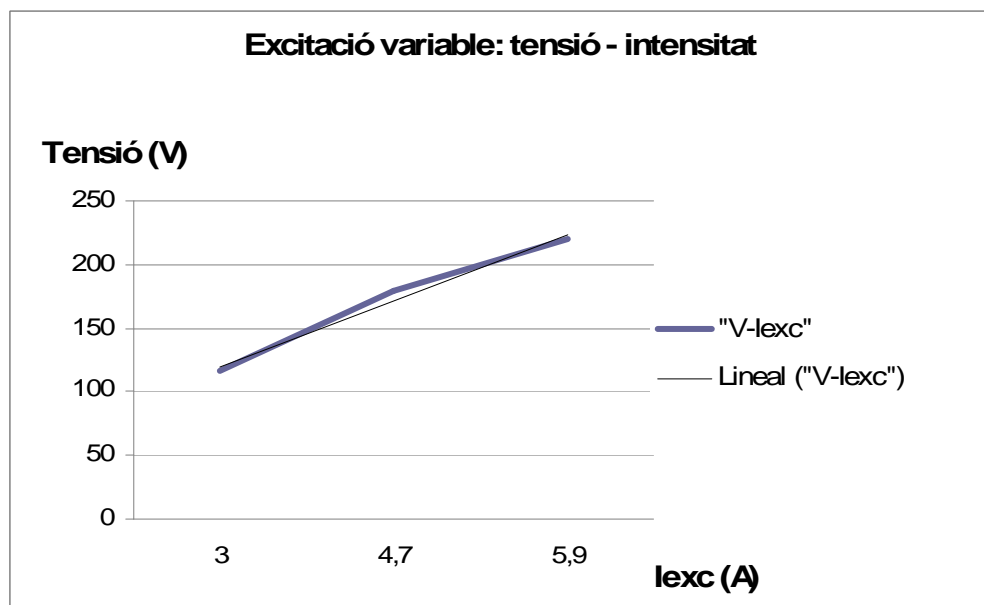


Figura 18 – Gràfica tensió – intensitat excitació del MP.

Es pot observar que la gràfica és bastant lineal, ja que sense càrrega l'única cosa que s'està fent és alimentar el circuit d'excitació, és a dir, es crea un camp magnètic perquè circula corrent per un bobinat, de valor limitat bàsicament per la seva component resistiva.

A continuació es poden veure els resultats de l'assaig en buit. Deixant l'excitació fixa (120 V i 3,2 A) s'ha anat variant la tensió de l'induït per veure com evoluciona la velocitat en funció de la tensió.

Mesures induït amb excitació fixa a 3,2 A		
Intensitat (A)	Tensió (V)	Velocitat (rpm)
0,84	10	30
0,9	50	155
1	100	310
1	150	465
1	200	620
1,1	225	695
1	250	725
1	275	853
1	300	933

Taula 16 – Dades assaig excitació fixa a 120 V i 3,2 A del MP, com a motor en buit.,

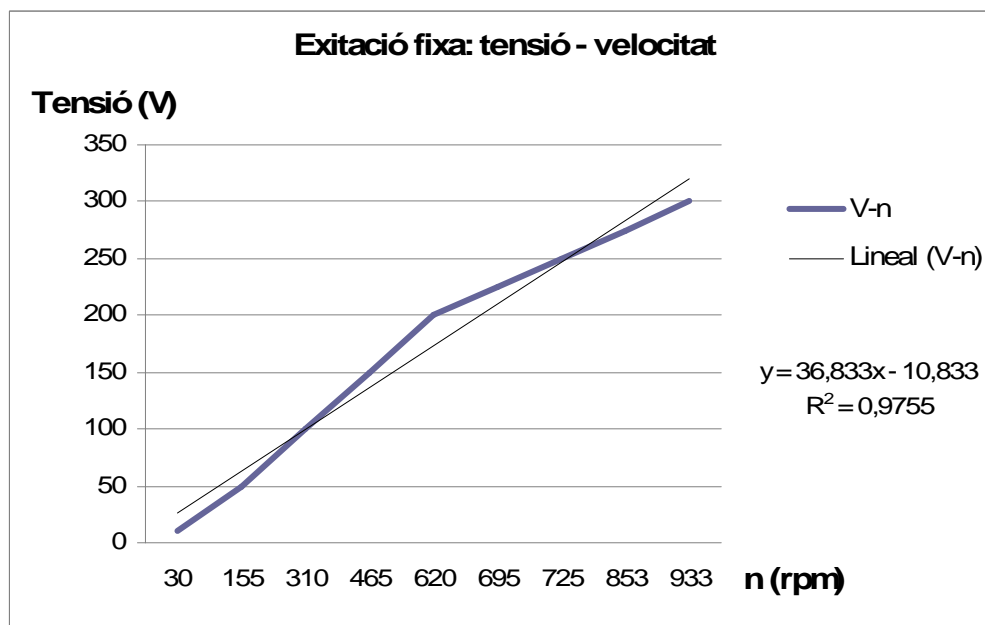


Figura 19 – Gràfica tensió – velocitat del MP.

Es pot apreciar que la velocitat de la màquina augmenta de forma més o menys proporcional a la tensió. També s'observa que al tenir a l'excitació un valor de corrent inferior al nominal (3,2 A enfront els 4,76 A de nominal), amb un valor de tensió de l'induït inferior al que ens diu el fabricant, el motor ja aconsegueix la velocitat nominal.

A continuació es detallen els resultats de l'assaig de rotor bloquejat.

Mesures del parell motor			
distància = 307,5 mm			
Força (kp)	Intensitat (A)	Parell (Nm)	K_T (Nm/A)
1	1	3,02	3,0
3	2,5	9,05	3,6
4,5	4,3	13,57	3,2
7	6	21,12	3,5
11,5	10	34,69	3,5

Taula 17 – Dades assaig de rotor bloquejat del MP, amb I_{exc} . Nominal de 4,7 A.

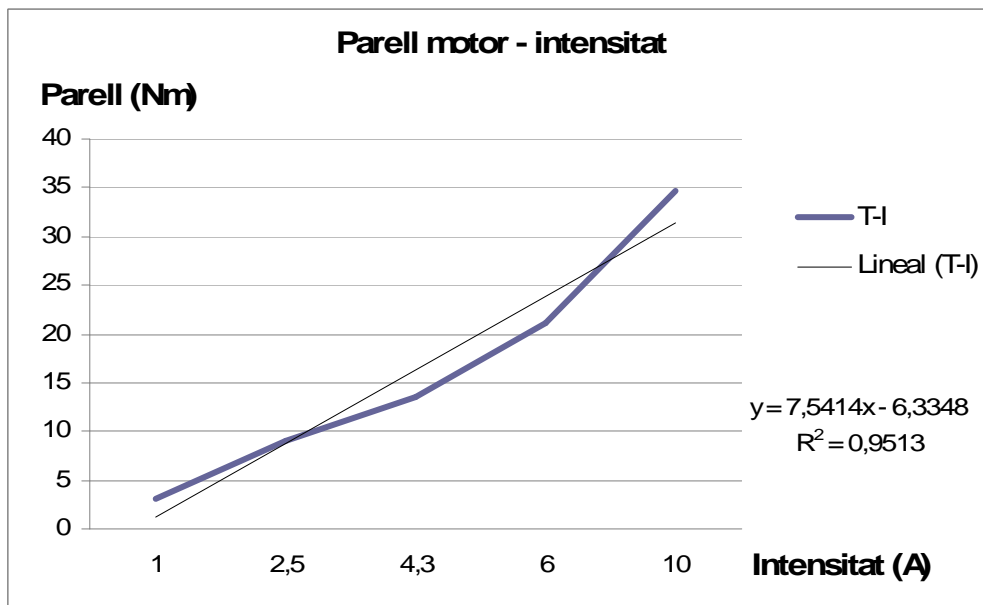


Figura 20 – Gràfica parell motor – intensitat induït del MP.

En aquesta màquina, la proporcionalitat entre el parell i la intensitat a l'induït és menys acusada. El fet que la K_T que s'obté no sigui una constant es deu al procés poc precís i al material usat per a la mesura de la força (es va bloquejar l'eix amb un sergent, que feia pressió sobre una balança domèstica).

Malgrat que les màquines funcionaran amb excitació independent, com ja s'ha explicat, anteriorment a aquesta decisió es van realitzar els assajos amb autoexcitació en sèrie i en paral·lel per al motor propulsor, per avaluar les possibilitats d'aplicació. Els resultats d'aquests assajos es plasmen a continuació.

Per a l'assaig d'excitació en sèrie s'ha tingut en compte el grau d'aïllament del circuit d'excitació i la seva intensitat de placa per tal de no destruir l'aïllament d'aquest bobinat.

Mesures excitació sèrie		
Tensió (V)	Intensitat (A)	Velocitat (rpm)
1,57	0	-
5,21	0,2	-
10,76	0,3	-
15,32	0,4	-
20,49	0,5	-
25,9	0,7	-
29,19	0,78	²⁶
34,3	0,8	
41,9	0,9	94,2
46,6	0,9	126,4
50,5	0,9	153,4

²⁶ L'eix comença a girar, però l'aparell de mesura no enregistra la lectura.

55,9	1	189
60,4	1	219,5
65,3	0,9	254
70,7	0,9	300
76,4	0,9	338,5
80	1	367
85	1	384
90,9	1	411,7
95,6	1	438,6
100	1,1	465,4
106,4	1	531,5
110,1	1	572
116,5	1,1	615
121,6	0,9	634
120,9	1,1	657,8
125,8	1,1	696,6

Taula 18 – Dades assaig excitació sèrie del MP.

Amb aquests valors s'han representat les corbes tensió-intensitat i tensió-velocitat. En el primer cas la gràfica presenta una tendència logarítmica, és a dir, a mesura que va augmentant la tensió, el corrent no experimenta el mateix increment i tendeix a estabilitzar-se en un valor. En el segon cas es pot veure que amb aquest tipus d'excitació el rotor no comença a girar fins que no se li subministren 30V.

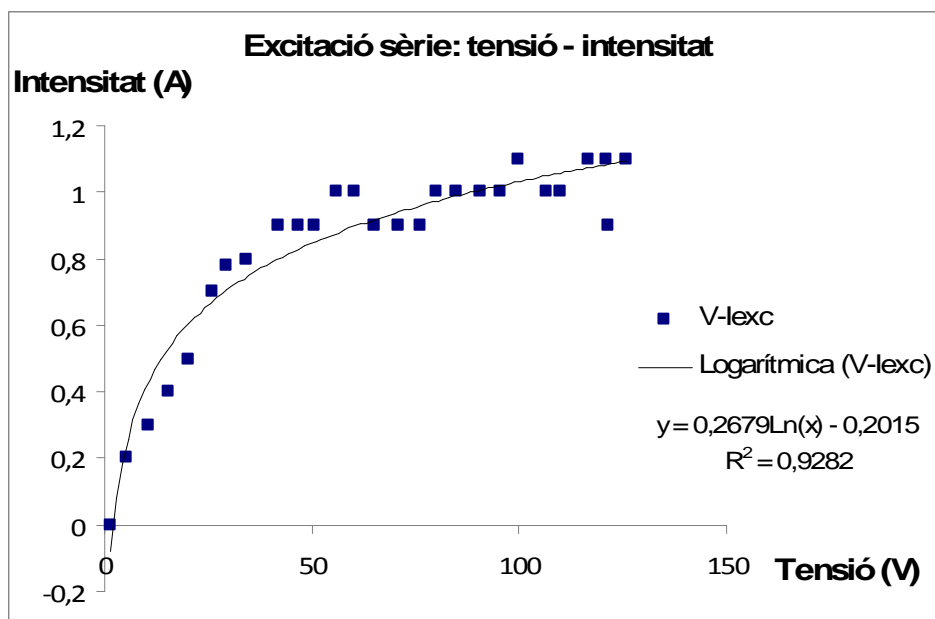


Figura 21 – Gràfica excitació sèrie. Intensitat excitació – tensió del MP.

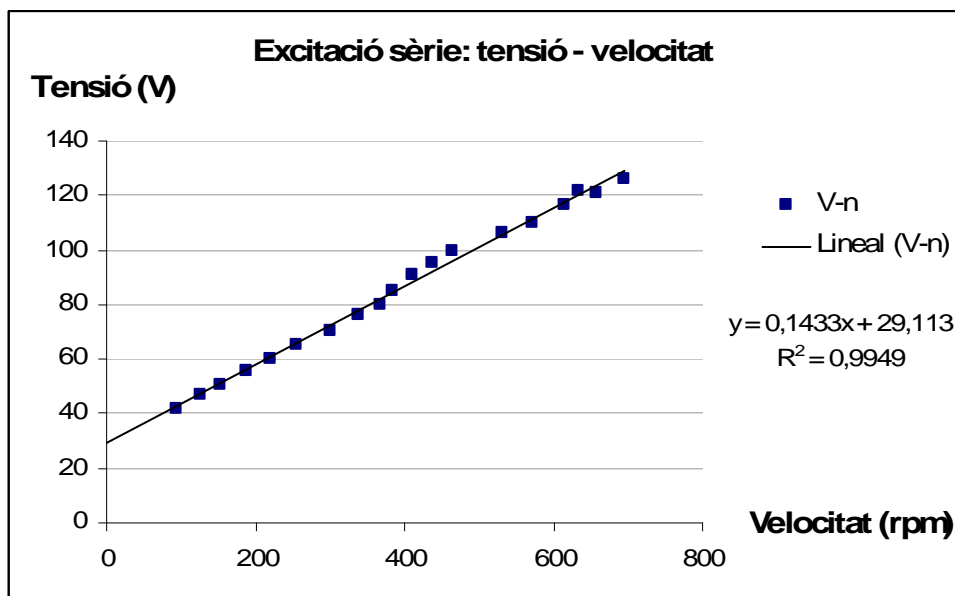


Figura 22 – Gràfica excitació sèrie. Tensió – velocitat del MP.

S'ha fet l'assaig a rotor bloquejat per veure el parell motor que ens pot proporcionar la màquina amb aquest tipus d'excitació. Com es pot observar a la taula, de seguida s'arriba als valors de corrent que permeten els debanats de la màquina, ja que aquesta estructura està limitada pel valor del corrent nominal del bobinat d'excitació (4,75 A). En el cas de l'excitació independent, com que no té aquesta limitació, s'ha pogut augmentar la velocitat fins a 10 A, amb el que s'ha obtingut pràcticament el doble de parell que a l'assaig en sèrie.

Mesures del parell motor			
Distància = 425mm			
Força (kp)	Tensió (V)	Intensitat (A)	Parell (Nm)
0	44,6	1,1	0,00
0,5	60,4	1,5	2,08
1	82,8	2,0	4,17
1,5	97,2	2,4	6,25
2	114,6	2,8	8,34
2,5	129,5	3,1	10,42
3	140,8	3,4	12,51
3,5	147,0	3,5	14,59
4	164,4	3,9	16,68

Taula 19 – Dades assaig rotor bloquejat amb excitació en sèrie del MP.

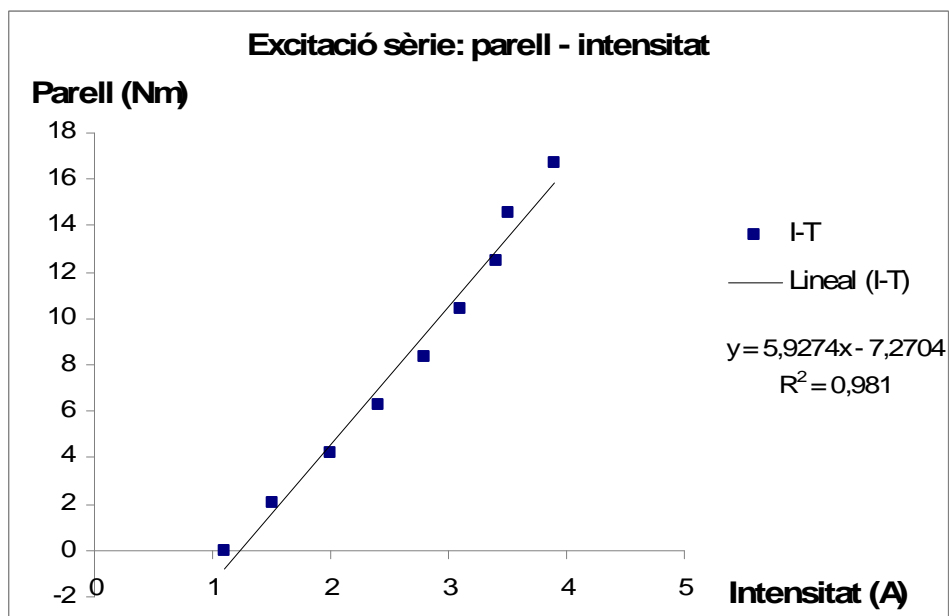


Figura 23 – Gràfica parell – intensitat del MP amb excitació en sèrie.

A continuació es mostren els resultats de l'assaig amb excitació en paral·lel:

Mesures excitació paral·lel		
Tensió (V)	Intensitat (A)	Velocitat (rpm)
25,39	1	283
51,4	1,6	306
75,7	2,2	314
101,5	2,9	336
124,4	3,5	360
150,4	4	393
174,9	4,6	432
199,9	5	472
220,6	5,4	507

Taula 20 – Dades de l'assaig amb excitació en paral·lel del MP.

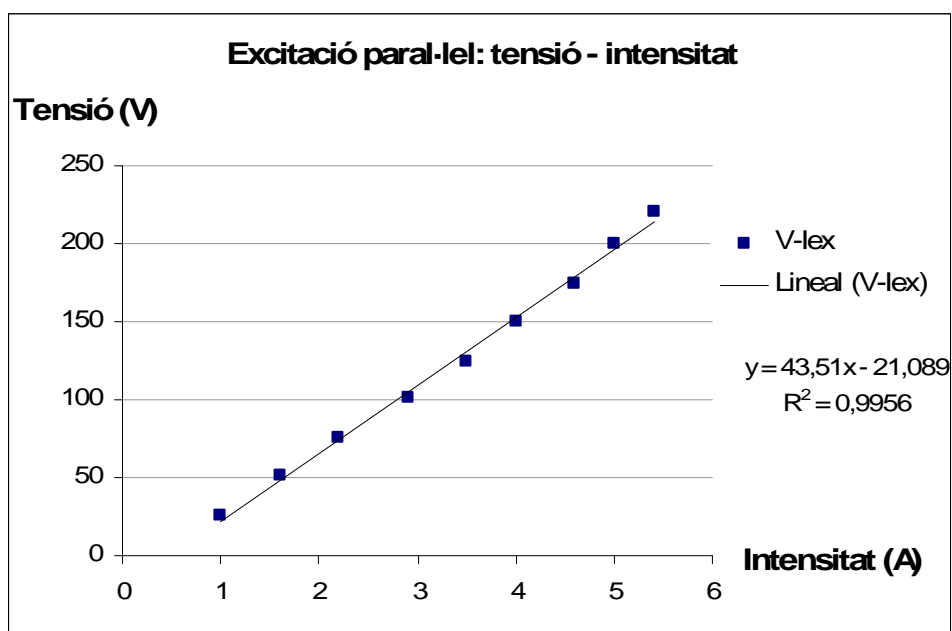


Figura 24 – Gràfica tensió – intensitat del MP amb excitació en paral·lel.

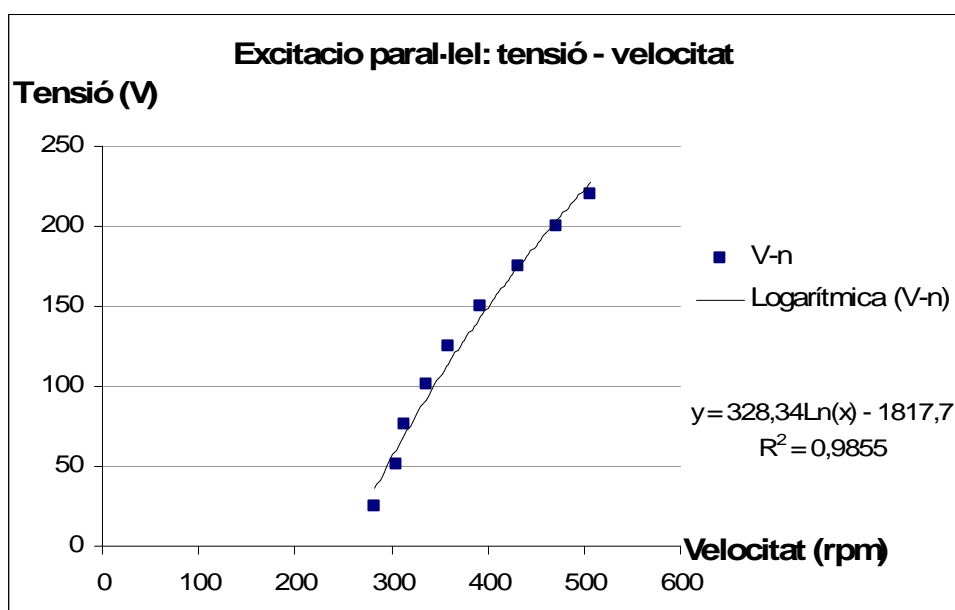


Figura 25 – Gràfica tensió – velocitat del MP amb excitació en paral·lel.

S'ha fet l'assaig de rotor bloquejat amb l'excitació en paral·lel, per observar el parell que pot proporcionar la màquina amb aquest tipus d'excitació. La taula i la gràfica següents mostren els valors obtinguts.

Mesures del parell motor				
Distància = 425 mm				
Massa (kg)	Tensió (V)	I ex. (A)	I in. (A)	Parell (Nm)
2	15,36	0,6	11	8,3385
3,5	24,66	1,2	18,2	14,592375

10	39,3	2	30,5	41,6925
13,5	46,3	2	35,1	56,284875
16	48,3	1,6	35,8	66,708

Taula 21 – Dades assaig rotor bloquejat amb excitació en paral·lel del MP.

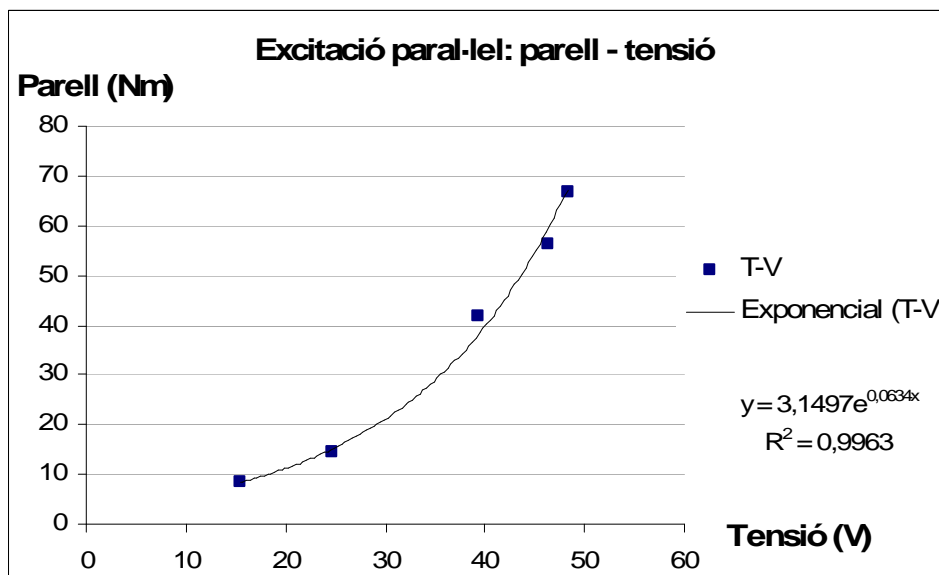


Figura 26 – Gràfica parell – tensió del MP amb excitació en paral·lel.

Analitzades aquestes possibilitats, es confirma la fiabilitat de l'excitació independent d'aquest motor per a l'aplicació que se li vol donar.

5.3 CUA (Z-DRIVE)

L'element encarregat de la propulsió i del control de la direcció de l'embarcació és una hèlice amb transmissió en zeta, recuperat de l'embarcació original, anomenat en aquest projecte cua o z-drive. S'ha fet un treball de recuperació de l'equipament, ja que estava en bastant mal estat per l'enfonsament, els anys d'inactivitat a la intempèrie i pels danys soferts en separar-lo de la popa de l'embarcació.

Les tasques de manteniment fetes per nosaltres al z-drive són:

- Neteja i sanejament de l'estructura del propulsor, amb aigua a pressió, raspalls metàl·lics i llimes per treure totes les incrustacions.
- Inspecció de les juntes d'estanquitat. S'han comprat les juntes malmeses.
- Inspecció de l'assentament de les juntes. S'han reparat les osques amb massilla especial per a metalls.
- Engreixament de coixinets, del cardan i de les articulacions per al moviment horitzontal i vertical del propulsor.
- Pintat del z-drive. S'ha donat una mà d'imprimació i dues d'antifouling.

Aquest és el resum de l'informe de la inspecció posterior realitzada per l'empresa BCN Marine (encarregada del muntatge de la part propulsora de la cadena energètica):

- Clivella en la part del cos propera a la sortida de l'eix a l'hèlix. En una primera inspecció realitzada per la UPC no semblava que afectés cap peça interna i es va assumir que com que els esforços mecànics serien molt menors que els originals no calia reparar-la. La inspecció de BCN Marine indica que és possible que la peça allotjada a l'interior estigui feta malbé. En principi es decideix reforçar la peça exterior per limitar el creixement de l'escletxa.
- La peça de la sortida de l'eix cap al motor està en molt mal estat, amb la possibilitat que es faci malbé de forma irreparable quan s'accedeixi a l'interior per condicionar el mecanisme de transmissió interior.
- Mal estat de rodaments i corones de transmissió. S'aconsella el desmuntatge per condicionar i substituir els que siguin inservibles. El conjunt està molt encorcat, i cal condicionar els elements de les transmissions.
- Un dels dos cilindres hidràulics d'elevació de la cua està inutilitzable. S'haurà de substituir per un de nou o instal·lar un sistema d'elevació elèctric (segurament s'optarà per aquesta opció).
- És necessari canviar o alleugerir els espàrrecs d'unió a la cua, així com els d'unió del conjunt al buc.

A l'Annex E es pot veure el desglossament de peces del propulsor, així com les instruccions de manteniment i muntatge.

A continuació es mostren un seguit d'imatges que il·lustren el procés de neteja, sanejament i pintat del z-drive realitzat per part de la UPC.



Imatge 19 - Estat inicial del z-drive.



Imatge 20 - Neteja inicial del z-drive.



Imatge 21 – Coixinet a mig engreixar.



Imatge 22 – El z-drive preparat per pintar.



Imatge 23 – El z-drive amb la capa d'imprimació.



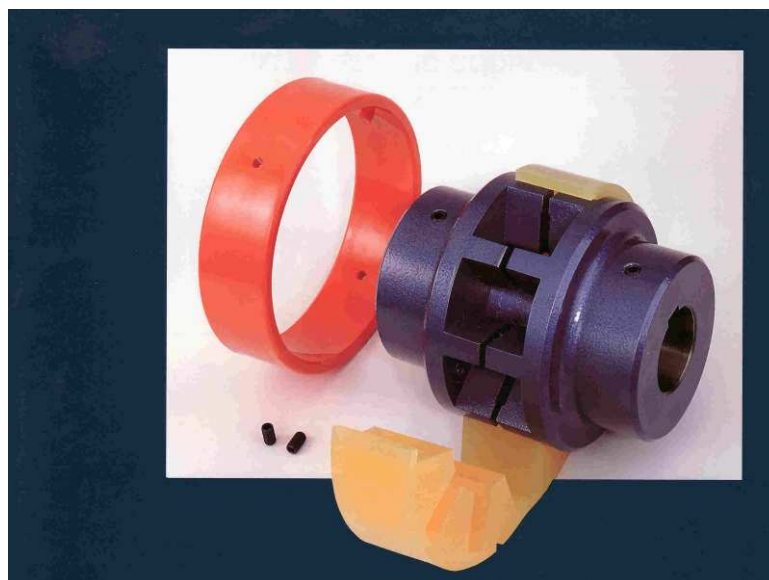
Imatge 24 – El z-drive amb una capa d'antifouling.

5.4 ACOBLAMENTS I ALINEACIÓ

De cara a tractar l'acoblament i alineació de les màquines, es tractarà el grup generador d'una banda i el conjunt propulsor de l'altra.

El grup generador té com a primer element el motor tèrmic, que ha de transmetre l'energia mecànica a la dinamo i a l'alternador. A la dinamo la transmissió es fa de forma directa, amb un acoblament flexible desmuntable entre els dos eixos sobredimensionat al parell màxim (el primer model que es va col·locar, SAMIFLEX A1, es va trencar en fer les primeres proves de funcionament del grup electrògen).

L'alternador anirà arrossegat mitjançant un acoblament en cadena, que sortirà de la unió entre els dos eixos anteriors. Amb aquesta disposició mecànica, s'aconsegueix que una màquina faci de volant d'inèrcia de l'altra, especialment durant els transitoris d'arrencada del MP, on el parell màxim es transmet entre el motor tèrmic i la dinamo, podent arribar als 190 Nm. Aquest acoblament compost (acoblament flexible SAMIFLEX A2 més la cadena d'arrossegament de l'alternador) ha sigut subministrat de forma gratuïta per la casa CITSA (Compañia Internacional Transmisiones, S.A.), que és la representant de la marca SAMIFLEX a Espanya. CITSA, personal dels departaments de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica i d'Enginyeria Elèctrica, i els estudiants Marc Oliva i Sergi Barberan han dissenyat i adaptat al projecte un dels productes estàndards, el model SAMIFLEX A2. En Kim Albó, tècnic del laboratori del departament de Ciència dels Materials, s'ha encarregat del muntatge dels acoblaments i de l'alineació de les màquines.



Imatge 25 – Acoblament SAMIFLEX que unirà els eixos del MT i la dinamo²⁷.

²⁷ Imatge disponible a http://www.citsa.com/productos_es.htm



Imatge 26 – Acoblament muntat entre les diferents màquines del grup electrògen.

A l'Annex E hi ha les especificacions tècniques d'aquest acoblament, així com les toleràncies que admet i les instruccions de muntatge i alineació.

Pel que fa al grup propulsor, l'energia elèctrica del MP s'ha de transmetre en forma d'energia mecànica al z-drive. S'han aprofitat els acoblaments originals de les dues màquines per fer-ne un de sol. El del motor original de la Lady interessava conservar-lo perquè l'eix del z-drive no té mides estàndard i és estriat, i perquè té incorporada una peça de goma que esmorteix les possibles vibracions que li pugui transmetre la cua. El del motor elèctric era suficientment gran com per mecanitzar-lo i unir totes dues peces. No es disposa de cap dada dels acoblaments de cada màquina per separat, però s'ha considerat que el conjunt aguantarà els esforços ja que, primer: eren els instal·lats en origen a cada màquina i, segon: el parell de sortida serà menor dels 185 Nm que indiquen les dades de la placa del motor elèctric i també dels 330 Nm que proporcionava el motor original de l'embarcació. La mecanització ha estat feta pel taller mecànic de l'ETSEIB, i la instal·lació a bord del z-drive, el motor propulsor i la seva alienació està previst que sigui duta a terme per l'empresa BCN Marine, que s'ha ofert a esponsoritzar en espècie aquesta operació.



Imatge 27 – Acoblament motor propulsor – z-drive.

5.5 BANCADES

A més de la bancada estructural que s'ha afegit a l'embarcació (apartat 3.2.1), s'han construït dues bancades independents, una per al motor propulsor i l'altra per al grup generador, que permetran que es pugui treballar i manipular les màquines més còmodament al laboratori, fins a tenir la seguretat de que funcionen correctament. Aquestes bancades també han estat dissenyades per a que encaixin perfectament sobre de la bancada estructural de la llanxa.

5.5.1 BANCADA DEL GRUP GENERADOR

Per al grup motor tèrmic (MT) – dinamo (ME) + alternador (A) s'ha fet una bancada de forma rectangular utilitzant perfils laminats en U, aprofitats de les existències que hi ha al laboratori d'enginyeria elèctrica de l'ETSEIB de material per reutilitzar. Aquest perfil d'acer, de dimensions 80x45x8 mm, aporta rigidesa a la bancada i minimitza l'efecte de les vibracions del MT sobre el conjunt. És molt important reduir al màxim les vibracions i les deformacions associades per tal de mantenir en tot moment l'alineació de totes dues màquines i protegir-ne els coixinets de les mateixes. Per salvar la diferència d'alçada entre els dos eixos, el ME s'ha falcat a sobre d'unes barres massisses de 20 mm d'alçada. La bancada del grup electrògen va subjecte a la bancada estructural de la llanxa mitjançant uns tubs quadrats de 50x50 mm, que mantindran la rigidesa del conjunt i permetran aïllar el buc de les vibracions amb silentblocks entre la bancada del grup generador, els tubs quadrats i

la bancada fixa. Als plànols 08a i 08b- BANCADA GRUP GENERADOR, inclosos a l'Annex B, es poden veure tots els detalls.

Per tal de treballar millor i poder moure el conjunt amb facilitat amb un transpalet pel laboratori, s'han afegit quatre suports de fusta de boga, un a cada extrem de la bancada. Aquests suports encaixen correctament amb les dimensions de la bancada estructural de l'embarcació, i l'estabilitat dimensional de la fusta de boga amb l'aigua fa que no es deformi en cas d'embarcar aigua a la sentina.

A continuació es pot veure l'esquema del disseny de la bancada, així com imatges de la seva construcció.

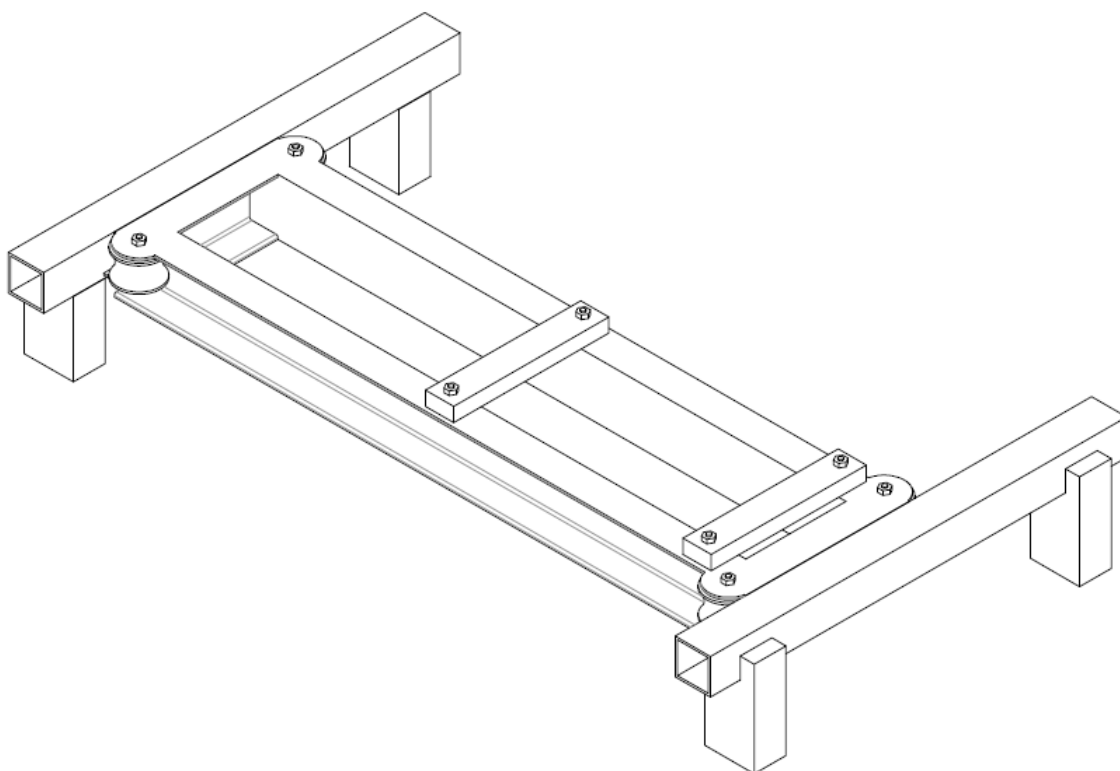


Figura 27 - Vista axonomètrica de la bancada del grup generador.



Imatge 28 - Mostra de perfils amb els quals s'han construït les bancades de les màquines.



Imatge 29 - Detall de la bancada. Falca col·locada a sota de la dinamo per anivellar els eixos.



Imatge 30 – Bancada del grup generador amb els tubs quadrats de suport.



Imatge 31 – Grup generador presentat a la bancada.

5.5.2 BANCADA DEL MOTOR PROPULSOR

Per al motor propulsor s'aprofitarà la bancada que hi ha de l'antic motor com a bancada estructural. En aquest cas, les vibracions que hi pugui haver seran les de la pròpia màquina, molt inferiors en la màquina elèctrica actual que en l'antic motor de combustió, i les que li arribin del propulsor, que també seran inferiors a la motorització anterior, per la fixació del z-drive al mirall de popa i pel sistema de transmissió amb cardan. La bancada del motor propulsor es construirà mitjançant dos perfils en U d'acer, de 80x45x8 mm, que actuaran com dues bigues transversals que es recolzaran a la bancada del vaixell, i dos passamans, entre les dues bigues per reforçar el conjunt.

Als plànols 09a i 09b- BANCADA GRUP PROPULSOR inclosos a l'Annex B, es poden veure els detalls.

A continuació es pot veure una vista de la planta i una secció, amb les formes i les dimensions.

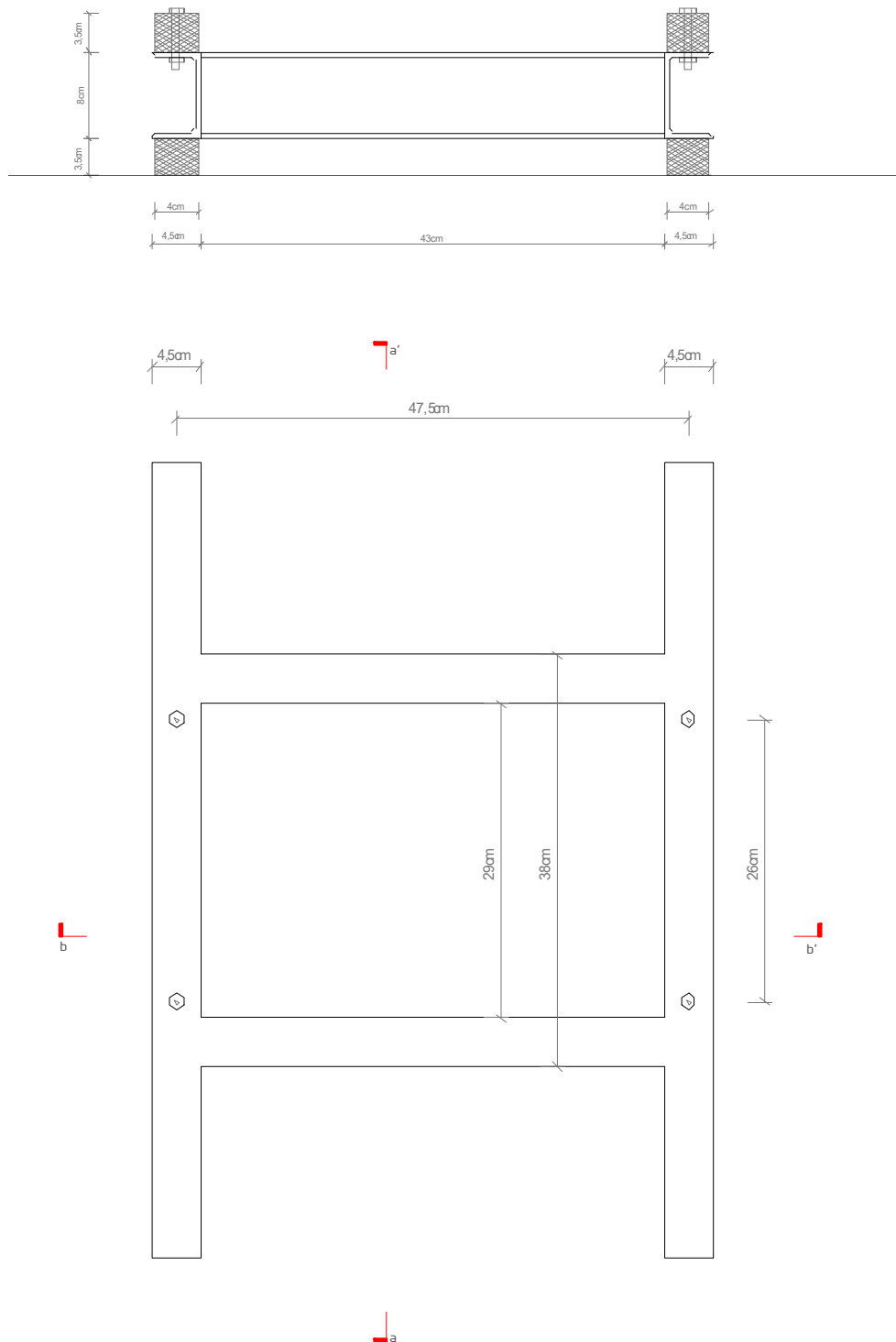


Figura 28 – Planta i secció de la bancada del motor propulsor.

5.6 GOVERN DE L'EMBARCACIÓ

Abans de començar a explicar com es governarà la Lady i els elements de control que integra, es vol aclarir què representa tenir a bord un motor dins-foraborda, un z-drive o una cua, tres maneres diferents d'anomenar el mateix; la primera de les quals utilitzada en terminologia legal i les altres dues en un àmbit més general i tècnic²⁸.

Aquest elements van començar a introduir-se en la propulsió d'embarcacions d'esbarjo en un intent de conjugar els avantatges del motor foraborda amb l'intraborda. El resultat és que en una cua, el motor pròpiament dit es troba dins del buc, mentre que la transmissió i l'hèlix són a fora i estan connectades al motor a través del mirall de popa. L'hèlix és orientable tant verticalment com horitzontalment. El fet de que ho sigui verticalment permet ajustar l'angle del broll d'aigua expel·lit per l'hèlix respecte a la superfície del mar. D'aquesta manera es pot elevar o baixar la proa en funció de les necessitats de la navegació, per exemple en estat neutre per a les maniobres de port o amb la proa elevada per a planejar. Per una altra banda, que la cua es pugui ajustar horitzontalment evita la instal·lació d'una pala de timó, ja que la pròpia hèlice farà aquesta funció a l'estil dels motors foraborda, però amb l'avantatge respecte d'aquests, que només es mou la transmissió i no tot el motor. Per resumir el concepte en poques paraules, una cua és un sistema combinat de propulsió i govern de l'embarcació.

Per governar l'embarcació s'han de controlar tres factors:

- La velocitat: de forma general el motor de combustió de 13 CV arrossega el generador de CC que com a resultat ens dóna un corrent màxim permanent de 27 A a 350 V, aproximadament, per les 3000 voltes del MT. Per controlar l'excitació, i per tant poder respondre a les necessitats de càrrega sol·licitades pel motor propulsor, hi ha l'alternador que fa d'excitatriu tant a la dinamo com al motor, amb els corresponents rectificadors. Aquesta excitació, en el cas del generador de contínua, es podrà modificar amb un autotransformador, que permetrà decidir el corrent que subministrarà aquest al MP. En el cas de l'excitació del MP, si fos variable es podria influir de forma directa sobre el parell subministrat per la màquina en un moment determinat. En principi es deixarà fixa a $I_{exc.}$ nominal de 4,76 A, i l'excitació de la dinamo serà variable de 0 a 1,85 A i 195 V, i permetrà regular el corrent que subministra la dinamo i controlar els transitoris que es generen en règims de baixes revolucions i de canvis de velocitat en maniobres de port. Aquest sistema permet aprofitar la inèrcia que té la dinamo per generar, durant una curta estona, generosos

²⁸ De fet dir cua o z-drive és una forma molt genèrica, ja que d'aquests n'hi ha de molts tipus i no únicament com el de la Lady. Els propulsors amb transmissió en zeta van des de models petits com el d'aquest projecte a models grans i sofisticats, com els propulsors de certs remolcadors i de plataformes d'explotació de recursos submarins. En aquest projecte, quan apareix algun d'aquests termes sempre fa referència al propulsor petit que té la Lady.

corrents de curtcircuit que, sobre el motor propulsor, ocasionen acceleracions notables per la circulació d'un important corrent d'arrencada que crea un parell motor proporcional a aquest corrent. Aquesta forma de controlar la velocitat del MP de corrent continu, adapta i millora la filosofia de control de velocitat dels antics sistemes Ward-Leonard.

La següent imatge mostra com s'ha fet aquest control durant les proves al laboratori.



Imatge 32 – Grup electrògen amb el control de les màquines.

- La direcció: el control de la direcció es farà mitjançant una roda i un cable de direcció. El sistema escollit el distribueix la casa d'efectes navals AD Accastillaje y Diffusión, i consta de:
 - Roda (Ref. T71533)
 - Direcció de cremallera Safe T.Q.C. TELEFLEX (Ref. T70629)
 - Cable de transmissió Safe T.Q.C. TELEFLEX (Ref. 70533)

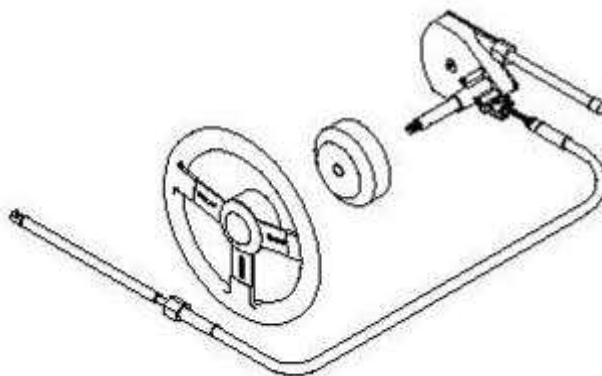


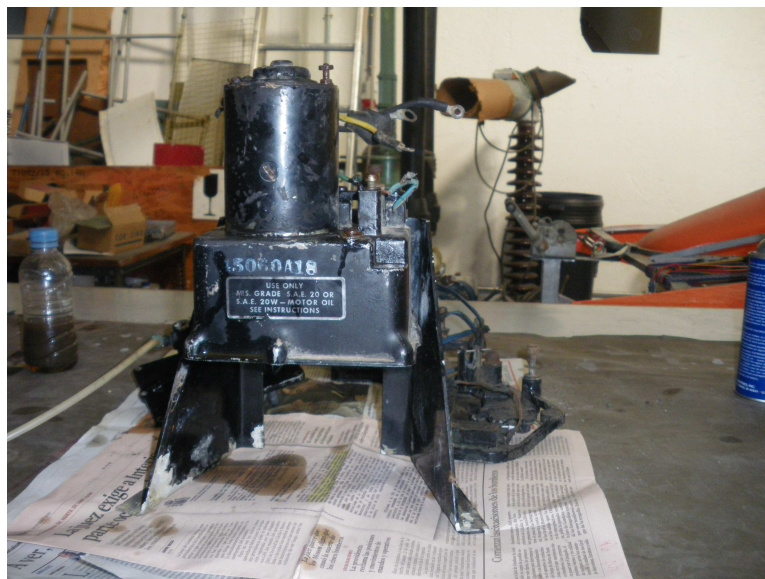
Figura 29 – Esquema del muntatge i funcionament de la direcció²⁹.

- El sentit de la marxa: es fa amb mètodes mecànics incorporats a la pròpia cua. S'ha descartat fer-lo invertint el sentit de gir del MP, ja que hi ha una peça que té una funció de seguretat mecànica de la transmissió que es trencaria. Es controlarà des de la consola de govern a través d'una palanca i un cable "morse" fins al z-drive. Aquest, en el seu origen ja tenia un sistema semblant per canviar el sentit de gir de l'hèlix, i quan s'ha fet la recuperació de la cua, s'ha vigilat de no danyar el mecanisme intern. Tal i com està construïda la cua no s'ha de canviar el sentit de la marxa mentre el motor està proporcionant un parell, per tant el canvi de sentit de rotació del propulsor s'haurà de fer amb el MP parat. Per tal de poder efectuar maniobres d'atracada i desatracada de forma ràpida, còmoda i segura el més indicat seria que s'automatitzés amb una palanca de posicions, similar a la que es podria tenir en un motor de combustió marí (avant, punt mort, enrere) per garantir la integritat dels elements.

El control de l'embarcació es durà a terme mitjançant una consola, situada al lloc de govern de l'embarcació, que es troba a la part de babord de l'embarcació. Aquesta consola tindrà tots els elements necessaris per controlar la cadena energètica, la velocitat, la direcció i el sentit de la marxa, així com els aparells de mesura que garanteixin la seguretat a bord i de la navegació.

L'embarcació també disposa d'un sistema d'elevació de la cua que, com ja s'ha dit, permet controlar el seu assentament mentre es navega. Aquesta funció la realitzaran dos cilindres hidràulics alimentats per una bomba. Aquesta última serà la que duia en origen la Lady, un cop recuperada. De moment s'ha verificat el seu funcionament i s'ha canviat l'oli del sistema.

²⁹ Imatge disponible a <http://sierramarine.com/sierra/searchtxt/TeleflexCatalog00093.html>



Imatge 33 - Bomba hidràulica per a l'elevació de la cua.

La bomba va alimentada per corrent continu de 12V, i el seu funcionament estarà controlat per un interruptor situat al quadre de control de l'embarcació.

En cas de que la bomba hidràulica estigui tan malmesa que sigui irrecuperable, s'instal·larà un sistema elèctric d'elevació del z-drive.

5.7 VENTILACIÓ

Tal i com s'ha dit, en Sergi Barberan en seu seu projecte contempla la ventilació de les màquines. Les tres opcions que es van considerar inicialment són:

- Ventilació natural dissenyant un carenat que redireccionés el corrent d'aire que genera la pròpia màquina al girar, cap a l'interior de la mateixa, recorrent-la al llarg d'aquesta.

- Ventilació forçada amb el ventilador original d'aquesta, amb carenat. Aquest últim funciona amb corrent altern trifàsic, que prové de l'alternador. L'inconvenient és que pesa 15 kg amb un centre de gravetat elevat.

- Ventilació forçada amb el carenat de la primera opció i un ventilador d'ordinador alimentat a 12 V que fes d'extractor a la sortida. Si fos necessari per augmentar el cabal d'aire, es podria col·locar un altre ventilador a l'entrada. Aquesta opció té els avantatges de que el material és molt lleuger i s'alimenta de les bateries. Els inconvenients són que l'acoblament dels ventiladors a les màquines elèctriques no és senzill, perquè les formes del ventilador i la ubicació dels forats de ventilació a la màquina elèctrica exigeixen el disseny d'un carenat més complicat que l'altra

opció, i és possible que no respongui a les necessitats de refrigeració de les màquines.

L'opció triada per en Sergi és la d'instal·lar el ventilador original de la màquina, ja que aprofita els gasos d'escapament i el cabal proporcionat per el ventilador per crear una turbina d'aprofitament de gasos d'escapament del motor de combustió.

5.8 ESCAPAMENTS

S'ha dibuixat la ubicació dels escapaments per al motor de combustió i per al petit generador KEVIN de corrent alterna, així com la turbina d'aprofitament de gasos. Es poden veure als plànols 04, 05a, 06- DISPOSICIÓ GENERAL MÀQUINES, disponibles a l'Annex B. A continuació es mostra l'alçat de la cadena energètica amb la caldera per alimentar la turbina d'aprofitament d'escalfor residual dels gasos d'escapament i l'escapament dels gasos del motor tèrmic.

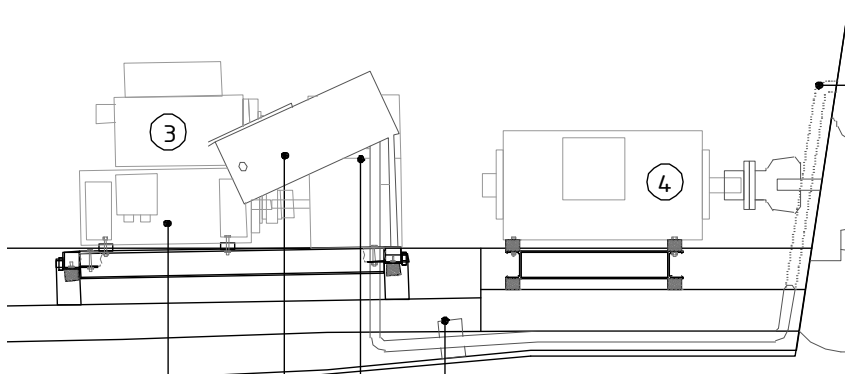


Figura 30 – Alçat de la planata propulsora, costat Er.

En els plànols només es mostra la possible ubicació espacial de les canonades d'escapament contemplada inicialment, però en cap cas s'ha fet un estudi del dimensionament més adient per a aquesta funció, ja que no s'han fet mesures de cabal de gasos a la sortida de les màquines, i tampoc s'ha dibuixat l'aïllament que forçosament haurà de recobrir els escapaments per tal de protegir les persones de possibles cremades per contacte accidental.

Anàlisis posteriors al tancament d'aquest PFC, apunten a la possibilitat d'ajuntar els gasos d'escapament amb els fluxos d'aire de refredament de les màquines elèctriques, en un sol conducte central amb sortida vertical a mode de xemeneia, on la temperatura seria baixa (no més de 50 °C) al quedar diluïts els dos corrents de gasos.

6 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA AUXILIAR

El disseny de la Lady inclou una sèrie de components elèctrics, alguns obligatoris per tal de garantir la seguretat de la navegació i d'altres opcionals per facilitar la vida a bord. Tots comparteixen la característica que aniran alimentats per corrent continu a 12 V i, per tant, dependran de les bateries per funcionar. En aquest capítol es descriuran els elements que formen part de la instal·lació elèctrica de corrent continu a bord.

6.1 COMPONENTS ELÈCTRICS

- LLUMS DE NAVEGACIÓ: tot i que l'Ordre de Foment³⁰ que regula els equips de navegació que s'han de portar a bord exigeix a la Lady de portar llums de navegació, s'ha decidit instal·lar-los perquè són molt econòmics i ajuden a augmentar el nivell de seguretat en la navegació portuària i en àrees costeres.

Els models escollit són els que corresponen a les següents referències del catàleg d'Accastillage Diffusion i van alimentats a 12 V, amb un consum de 10 W cada un.

- Llum vermella costat babord: referència L41060
- Llum verda costat estribord: referència L41061
- Llum blanca tothoritzó: referència L41063



Imatge 34 – Llum verda estribord³¹.

³⁰ Ordre del Ministeri de Foment *ORDEN FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.*

³¹ Imatge disponible a <http://www.accastillage-diffusion.com/publicmedia/formatted/462/53/fr/L41091.jpg;h=375,w=313.jpg>.

- **ILUMINACIÓ INTERIOR:** s'instal·laran tres focus de llum de 10 W cada un. Dos situats als costats de l'embarcació, a prop del quadre de comandament i el tercer a l'interior de la cabina.

El model escollit correspon a la referència L40025 del catàleg d'Accastillage Diffusion.



Imatge 35 – Plafó d'il·luminació interior³².

- **MOLINET DE L'ÀNCORA:** es vol recuperar el molinet d'origen de la Lady, que es troba a les instal·lacions d'El Far, però del qual no s'ha verificat el funcionament. En cas que funcioni correctament anirà alimentat amb corrent continu. Si no es pot recuperar, no se n'instal·larà cap de nou i l'àncora es fondejarà i hissarà de forma manual. Del model actual no se'n coneix el consum, però s'han mirat models semblants en catàleg i consumeixen uns 700 W.
- **BOMBA HIDRÀULICA:** com ja s'ha explicat a l'apartat 6 del capítol 5, aquest element és necessari per poder aixecar la cua. En cas de no poder recuperar-se s'instal·larà un sistema elèctric d'elevació de la cua. Per tant, s'ha de tenir en compte el subministre d'energia per al funcionament d'aquest servei, sigui quin sigui el sistema que es triï.
- **BOMBA SENTINES:** per tal de garantir que no hi hagi aigua acumulada a bord de l'embarcació, condició vital per poder mantenir en bon estat tots els components elèctrics de la llanxa, s'ha decidit instal·lar dues bombes de buidatge, una manual i l'altra elèctrica. Aquesta última s'aprofitarà de la RAS. És una bomba submergible de la casa JOHNSON PUMP, model L450, que va alimentada a 12 V i 2 A, i proporciona un cabal de 45 l/min.

³² Imatge disponible a <http://www.accastillage-diffusion.com/publicmedia/formatted/390/68/fr/L40025.jpg;h=400,w=361.jpg>.



Imatge 36 – Bomba elèctrica de buidatge de sentines JOHNSON PUMP.

Aquesta bomba no és d'accionament automàtic, per la qual cosa s'haurà d'instal·lar un interruptor al quadre de control per poder engegar-la quan es vulgui. En cas de voler instal·lar una que s'acciioni automàticament quan es detecti aigua a la sentina, el més senzill seria comprar un model que ofereixi aquesta possibilitat, ja que és un element bastant econòmic. Accastillage Diffusion ofereix models automàtics de Johnson Pump a partir de 75 €. D'entrada, però, no s'ha determinat que fos necessari un model automàtic, ja que quan no hi hagi gent a bord la llanxa estarà suficientment protegida amb el sostre i la lona protectora tapant tota la popa, i s'evitarà així l'embarcament d'aigua.

- VENTILACIÓ: a l'apartat 5.7 ja s'han explicat les diferents opcions que s'han plantejat per resoldre la ventilació. En cas d'escollir l'opció dels ventiladors d'ordinador, cada un d'ells necessita 0,15 A per a poder funcionar, i tenen un consum d'1,8 W per unitat. El seu accionament serà manual, mitjançant un interruptor al quadre de comandament.

6.2 GENERACIÓ I EMMAGATZEMATGE D'ENERGIA

Els diferents components elèctrics de l'embarcació aniran alimentats a través de bateries. Aquestes es podran carregar de tres maneres: per una banda aprofitant l'energia solar mitjançant plaques fotovoltaïques, per una altra amb un petit generador i, per últim, amb un carregador de bateries connectat a l'alternador que fa d'excitatriu a la cadena propulsora. Actualment s'està estudiant una quarta forma de carregar les bateries, que consisteix en dissenyar una petita turbina que aprofiti la calor residual dels gasos d'escapament amb aquesta finalitat. Hi estan treballant en Jan Villanueva i en Felip Pairó, de la FNB tots dos.

6.2.1 BATERIES

Són els elements encarregats d'emmagatzemar i subministrar l'energia necessària per al funcionament dels sistemes auxiliars a bord. S'instal·laran dues unitats de 12V i 90Ah connectades en paral·lel, així com un interruptor de bateries, per assegurar que queden desconectades quan el vaixell estigui amarrat i no necessiti electricitat. La seva ubicació es pot veure en els plànols 04 i 05, a l'Annex B.

6.2.1 PLAQUES SOLARS

Una de les formes de carregar les bateries serà aprofitant els panells fotovoltaics que hi ha disponibles al laboratori provinents de la segona etapa del Despertaferro, que com ja s'ha explicat abans, es un cotxe solar construït l'any 1999 per un grup d'estudiants de la UPC per participar a la SunRace2000 que es va disputar a Austràlia. L'any 2007 va ser recuperat i modificat per un altre grup d'alumnes de l'ETSEIB per participar al Ral·li Solar Phebus.

Els panells fotovoltaics són rectangulars, amb unes dimensions de 168x22x1 cm. A la següent imatge es pot veure la forma i dimensions dels panells el dia que es feien els assajos de caracterització amb la resistència variable.



Imatge 37 – Assaig dels panells fotovoltaics amb una resistència variable.

S'ha examinat el funcionament de les plaques. A la taula següent es mostren els valors que han donat les mesures fetes.

Mesures panells fotovoltaics		
Nº placa	V circuit obert (V)	I curtcircuit (A)
4	16,65	2,75

5	16,67	2,89
8	16,70	2,85
11	16,64	2,91
16	16,76	2,75
17	16,77	2,70
20	16,71	2,84
23	16,91	2,72
24	16,57	2,86

Taula 22 - Mesures obtingudes de les plaques solars.

S'han tabulat els panells que donen un valor de la potència de sortida més alt, i d'aquests s'ha determinat la corba de funcionament prenent les mesures amb una resistència variable de 5 Ω màxim. Totes les dades dels assajos fets i les corbes de funcionament estan detallades a l'Annex G. A continuació és mostra la corba del panell número 4 com a exemple, on es pot veure que a 12 V dona uns 2 A.

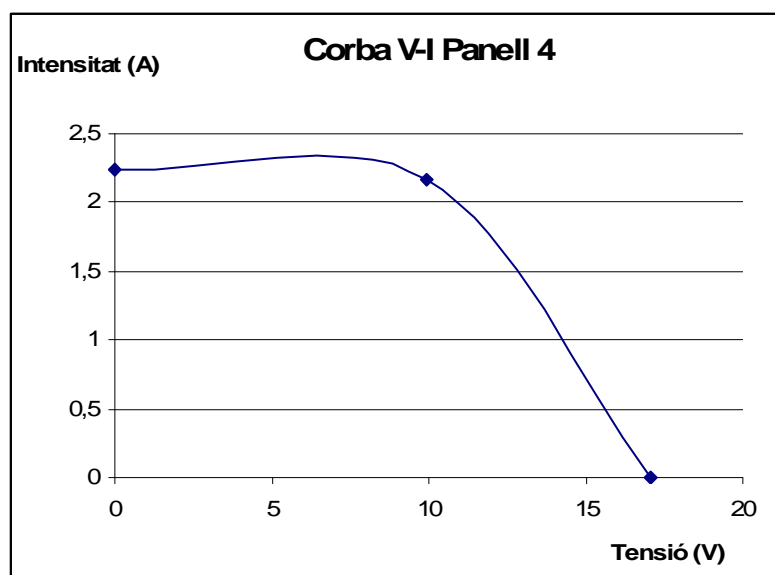


Figura 31 - Corba de funcionament del panell núm. 4.

- **Càlcul de la potència que subministraran les plaques:** per calcular la quantitat de panells que es poden instal·lar s'ha de tenir en compte l'espai del que es disposa a bord. Els panells van col·locats al sostre solar, del qual ja se n'ha vist i explicat el disseny a l'apartat 3.2.2.

A partir de les bateries que s'instal·laran a la Lady, s'ha calculat la càrrega total diària que podran admetre aquestes, i el número de panells necessaris per obtenir-la.

Coneixent la tensió del sistema s'obté la potència consumida que es podrà cobrir amb les plaques solars³³.

CÀLCUL DE LA CÀRREGA DIÀRIA QUE PODRAN ABSORBIR LES BATERIES			
1	Capacitat nominal de les bateries	90	Ah
2	Número de bateries	2	
3	Capacitat de les bateries (1)x(2)	180	Ah
4	Factor profunditat de descàrrega (reserva del 30% de la càrrega)	70	%
5	Capacitat corregida (3)x(4)	126	Ah
6	Dies reserva (dies que ha de funcionar el sistema sense Sol)	3	Dies
7	Càrrega total diària (teòrica) (5)/(6)	42	Ah/dia
8	Factor de seguretat (per compensar pèrdues 20%)	1,2	
9	Càrrega diària corregida (7)/(8)	35	Ah/dia
10	Tensió del sistema	12	V
11	Càrrega total diària (9)x(10)	420	Wh/dia
CÀLCUL DEL NÚMERO DE PANELLS NECESSARIS			
12	Promig d'hores de Sol al dia	4	H
13	Amperatge que haurà de produir el sistema (7)/(12)	10,5	A
14	Amperatge màxim del panell	2,7	A
15	Número de panells (13)/(14)	3,89	4 PANELLS

Taula 23 – Càlcul del nombre de panells i de la càrrega absorbida per les bateries.

Tot i que els càlculs indiquen que amb quatre captadors ja n'hi haurà prou, i amb aquest número s'ha fet el disseny del sostre solar, per espai n'hi cabria un de més. Com que les plaques no es trobaran treballant al màxim durant la seva exposició, ja sigui per l'època de l'any, l'hora del dia, l'angle d'incidència del sol sobre aquestest, les condicions atmosfèriques, etc., pot ser que la instal·lació d'un cinquè panell sigui necessària.

A la sortida de les plaques s'instal·larà un controlador, que permetrà adaptar la sortida d'aquestes a les necessitats de tensió del sistema i evitar la descàrrega nocturna. Els controladors més sofisticats MMPT (Maximum Power Point Tracker) busquen el punt de màxima potència variant les impedàncies aparents de les bateries.

³³ Els càlculs s'han realitzat a partir de la informació extreta del següent enllaç:
<http://www.electricasas.com/electricidad/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad/calculos-para-un-sistema-basico-fotovoltaico-ejemplo/>

6.3 GENERADOR D'ALIMENTACIÓ DE SERVEIS AUXILIARS

El generador que s'utilitzarà per carregar les bateries en cas de que no es pugui fer mitjançant les plaques solars és un KEVIN LINE KLN-BN950. El combustible que usa és una barreja de benzina (de 95 o 98 octans) i oli.

Aquest petit generador permet dues sortides. Una és de corrent altern a 230V, amb un endoll convencional, que permetrà alimentar de manera puntual algun aparell de consum no gaire elevat que interessi dur a bord, com algun aparell de mesura, o un carregador de bateries del VHF o una eina, per exemple. L'altra sortida és de corrent continu a 12V, que permetrà carregar les bateries o alimentar directament algun dels components elèctrics d'abord.

GENERADOR KEVIN LINE KLN-BN950			
corrent continu		corrent altern	
U	12 V	U	230 V
I	8,3 A	F	50 Hz
		Pn	650 W
		Pmax	800 W
Dimensions (LxBxH)		370x300x360 mm	
Pes		16,5 kg	

Taula 24 - Característiques del generador Kevin Line KLN-BN950.



Imatge 38 – Generador de benzina Kevin Line KLN-BN950.

7 LEGALITZACIÓ DE LA LADY

Com que es pretén utilitzar l'embarcació com a laboratori de proves de propulsió amb màquines elèctriques, aquest tema és clau en el projecte. S'ha de casar la nostra idea de la composició de la llanxa, el material del que disposem i alhora complir amb els requeriments demanats per l'administració.

El nostre cas es traca d'una remotorització de l'embarcació o canvi de la planta propulsora, que regula el *Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles*³⁴ (RD 1837/2000), concretament l'article 38, *Inspección y control de las transformaciones, reformas y grandes reparaciones de buques de pabellón español*. En aquest article es defineixen els passos que s'han de seguir per dur a terme grans reformes en vaixells, incloent la remotorització dins la categoria de reforma gran. Aquest punt es tractarà detalladament en el tercer apartat d'aquest capítol.

Abans d'aprofundir en aquesta part del projecte, hem de dir que encara no hi ha legislació en matèria de propulsió elèctrica aplicable a vaixells d'esbarjo, com és el nostre cas. La Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) està treballant-hi per tal de treure una normativa que estableixi les pautes per poder evaluar cada cas amb un criteri comú.

En aquest capítol es vol clarificar la legislació que afecta al projecte, tenint en compte l'estat passat i actual de la Lady: es vol desembellar tot l'entrellat (o gran part) que suposa submergir-se en reial decrets, lleis, ordres ministerials, normes i resta de legislació que ha de complir la llanxa. Per fer-ho de forma més entenedora, en un primer apartat s'han descrit els tràmits, lleis i documents que afecten el projecte; després s'ha explicat el procediment a seguir amb la Lady; en el tercer apartat s'ha desenvolupat el cas concret de canvi de planta propulsora de la Lady i, en un quart i últim apartat, s'ha exposat la normativa que afecta la seguretat de l'embarcació i dels seus tripulants, així com la que afecta el medi ambient.

Per últim, convé indicar que en aquest capítol només es volen deixar clares les diferents opcions que hi ha, sense decantar-se per cap en particular (sobretot pel que fa a la propietat i a la presentació del projecte a Capitania que, com es veurà tot seguit, pot comportar uns tràmits o uns altres), ja que la decisió última sempre serà de l'actual propietari.

³⁴ Publicat al BOE del 28 de novembre del 2000. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2000/11/28/pdfs/A41142-41164.pdf>

7.1 BREU EXPLICACIÓ DELS TRÀMITS I REQUERIMENTS LEGALS I ALTRES ASPECTES A CONSIDERAR

Juntament amb els tràmits derivats de la transformació a que es sotmet la Lady, també s'ha de complir amb una sèrie de formalitats administratives, que a la pràctica es tradueixen en un conjunt de documentació que ha d'estar vigent i s'ha de portar obligatòriament a bord. Es detalla a continuació:

- **Abanderament, matrícula i registre:** Són els tràmits necessaris per aconseguir les autoritzacions per poder realitzar activitats marítimes. Aquests tràmits són de caràcter permanent durant la vida de l'embarcació, exepete quan es realitzen alteracions o reformes importants en aquesta (el nostre cas). Tot això està regulat pel *Real Decreto 1027/1989 de 28 de julio, sobre abanderamiento, matriculación de buques y registro marítimo*³⁵ (RD 1027/1989), i pel *Real Decreto 1435/2010, de 5 de noviembre, por el que se regula el abanderamiento y matriculación de las embarcaciones de recreo en las listas sexta y séptima del registro de matrícula de buques*³⁶ (RD 1435/2010).
 - Abanderament: tràmit amb el qual es permet que una embarcació enarbori el pavelló nacional.
 - Matrícula o port de matrícula: port on es troba el Districte Marítim en el que està registrada una embarcació. L'indicatiu de matrícula és el conjunt alfanumèric que permet individualitzar cada vaixell dels altres, éssent, per tant únic.
 - Registre: les embarcacions han d'estar inscrites en un dels Registres de Matrícula de Vaixells dels districtes marítimes depenents de la DGMM. Les llistes de registre organitzen les embarcacions, vaixells, plataformes o artefactes flotants segons l'activitat que desenvolupen. Les dues llistes que poden ser interessants per al nostre projecte són:
 - Llista setena: es registren les embarcacions d'esbarjo sense ànim de lucre o de pesca no professional (llista original de la Lady).
 - Llista vuitena: es registren els vaixells que pertanyen a organismes de caràcter públic tant d'àmbit nacional, com autonòmic o local.

³⁵ Publicat al BOE del 15 d'agost del 1989. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/1989/08/15/pdfs/A26207-26211.pdf>

³⁶ Publicat al BOE del 6 de novembre del 2010. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2010/11/06/pdfs/BOE-A-2010-17038.pdf>

La llista 8^a és una mica particular respecte al criteri que regeix les llistes de la 1^a a la 7^a. Una embarcació s'inscriu en una d'aquestes set llistes segons l'activitat a la que és destinada. En canvi, un vaixell, independentment de l'activitat que desenvolupi, es pot inscriure a la llista 8^a si pertany a l'administració pública.

Així, la Lady es pot quedar a la llista actual si es considera que la seva activitat és la de vaixell d'esbarjo, és a dir que s'usarà amb finalitats esportives o d'oci però sempre sense ànim de lucre. En canvi, si l'explota la FNB es pot inscriure a la llista 8^a. Totes dues opcions presenten avantatges i inconvenients, i s'ha de veure què interessa a cada una de les tres parts implicades per prendre una decisió.

El fet de canviar l'embarcació a la llista 8^a suposa una sèrie de tràmits administratius addicionals que comporten, per una banda, un cost econòmic extra i, per l'altra, el cost temporal corresponent a aquestes gestions, sobretot el relatiu al temps que l'administració triga a estudiar i aprovar el canvi. Aquests tràmits impliquen la justificació a Capitania del destí que se li donarà a la Lady, és a dir, s'ha de demostrar que la Lady tindrà una utilitat formativa per als estudiants de nàutica, i és molt possible que es reclami no només un usdefruit de la llanxa per part de la universitat (implícit en l'acord establert entre l'APY, el CEF i la UPC), sinó també que aquesta en tingui la propietat³⁷. La llista 8^a, però, segurament facilitaria que l'Administració Marítima donés permís al projecte com a prototip d'estudi i formació d'estudiants, tutelat directament per la FNB.

- **La patent de navegació o el certificat de registre-permís de navegació:** La patent de navegació és el document que autoritza un vaixell a navegar per la mar sota pavelló espanyol, i legitima al capità per exercir les seves funcions a bord. Està regulat en el RD 1027/1989. En el cas que sigui una embarcació d'esbarjo, aquesta pot obtenir un certificat de registre-permís de navegació enlloc de la patent de navegació, tal i com indica el RD 1435/2010³⁸. Hi han de constar les característiques principals del vaixell i les dades del seu propietari. És obligatori sol·licitar una nova

³⁷ Per un cantó, en el RD 1027/1989, article 4, es diu clarament que a la llista 8^a es registren les embarcacions pertanyents a organismes de caràcter públic; per un altre cantó, en el mateix Reial Decret, article 10, s'explica que en el registre d'empreses marítimes existent a la DGMM, la tercera secció és on han d'estar inscrits els organismes de caràcter públic que siguin propietaris o explotin vaixells de la llista vuitena. Amb la qual cosa no queda clar si per inscriure una embarcació a aquesta llista cal ser propietari o no.

³⁸ Sempre que les embarcacions hagin estat inscrites a partir de l'1 d'octubre del 2007. Les que hagin estat inscrites en una data anterior continuaran amb la patent de navegació fins que es produeixi algun fet que faci modificar alguna dada bàsica: llavors s'expedirà un certificat de registre-permís de navegació amb les dades actualitzades.

expedició d'aquest certificat quan hi ha canvis en les dades que hi consten (el cas de la Lady). El fet d'obtenir una nova patent de navegació o un certificat de registre-permís de navegació vindrà determinat per la llista a la qual s'inscriu la Lady, si és a la llista 8ª serà el primer document, i el segon en cas de registrar-la a la llista 7ª.

- **La llicència de navegació o rol degudament despatxat:** El rol de despatx i dotació o, en el seu cas, la llicència de navegació són els documents que han de portar a bord els vaixells, segons la seva classe i les normatives de despatx de vaixells i d'abanderament, matriculació i registre marítim. Hi constarà anotada la següent informació, entre d'altres: el propietari, els canvis de titularitat, característiques principals i matrícula del vaixell, la llista a la qual pertany i els seus canvis, la relació de certificats del vaixell amb la seva data de caducitat, la titulació mínima requerida per al govern de l'embarcació i el nombre màxim de persones que poden embarcar.

El despatx és el procediment administratiu amb el qual Capitania Marítima comprova que tots els vaixells compleixen els requisits exigits per les normes legals per poder navegar i traficar, així com que compten amb les autoritzacions legals exigibles i la seva tripulació és l'adequada en nombre i titulació. La normativa actualment en vigor està descrita a l'*Orden de 18 de enero de 2000 por la que se aprueba el reglamento sobre despacho de buques*³⁹ (Ordre del 18 de gener del 2000), que s'aplicarà si s'inscriu la Lady a la llista 8ª. En el cas de la llista 7ª, s'aplicarà el RD 1435/2010.

Quan hi ha modificació de les dades consignades a la documentació (canvi de propietat, alteració de les característiques del vaixell, canvis de motor, etc), s'han d'acreditar aquests canvis i anotar-los al full d'assentament⁴⁰. Si l'embarcació pertany a la llista 7ª s'expedeix un nou certificat de registre-permís de navegació amb les dades actualitzades, tal i com estableix el RD 1435/2000, substituint el document antic, que en el cas de la Lady ha de ser la llicència de navegació. Aquest document s'ha de renovar en un termini màxim igual al de la vigència dels seus certificats.

Si l'embarcació pertany a la llista 8ª el despatx es regeix per l'Ordre del 18 de gener del 2000. En aquesta Ordre s'estableix que els vaixells amb Tonatge de Registre Brut (TRB) o Tonatge d'Arqueig Brut (GT) inferior a 20 tones aniran proveïts de la llicència de navegació o del rol de despatx i dotació en substitució de l'última. També s'estableix el despatx per temps, que és al que s'acolliria la Lady, que presenta

³⁹ Publicada al BOE del 2 de febrer del 2000. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2000/02/02/pdfs/A04778-04789.pdf>

⁴⁰ El full d'assentament és un document que conté la informació relativa a l'embarcació. S'hi han d'anotar els actes registrables relacionats amb l'embarcació i altres vicissituds que l'afectin al llarg de la seva vida útil, i s'ha de tancar amb l'anotació de baixa corresponent.

vàries opcions. Tot seguit s'enunciaran les tres que es podrien tenir en compte per la Lady:

- Navegació en aigües marítimes de la zona de servei d'un port. Es despatxa el vaixell per un any.
 - Navegacions en les que l'embarcació torni al port d'origen dins les 24 hores des de la sortida d'aquest. Es despatxa el vaixell per 3 mesos.
 - Navegacions que l'Autoritat Marítima determini donada la seva naturalesa excepcional. Es despatxa el vaixell per un període que justificadament determini l'Autoritat Marítima.
- **El certificat de navegabilitat:** Document expedit per l'Administració Marítima que recull les característiques tècniques del vaixell i acredita que aquest compleix les condicions exigides reglamentàriament i dóna constància dels reconeixements fets, la seva classe i la data dels pròxims a realitzar. S'obté després d'un reconeixement inicial, efectuat per l'Administració Marítima, en el que es revisa tota la documentació tècnica de l'embarcació i es contrasta amb una inspecció a la mateixa. Està regulat al *Real Decreto 1434/1999 de 10 de septiembre, por el que se establecen los reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección*⁴¹ (RD 1434/1999). S'ha de renovar cada 5 anys, prèvia inspecció per part d'una Entitat Col·laboradora d'Inspecció⁴².
 - **La pòlissa d'assegurança:** És obligatori tenir una assegurança de responsabilitat civil per a les embarcacions d'esbarjo, segons apareix regulat al *Real Decreto 607/1999, de 16 de abril, por el que se aprueba el reglamento de seguro de responsabilidad civil de suscripción obligatoria para embarcaciones de recreo o deportivas*⁴³ (RD 607/1999). Té per objectiu cobrir la responsabilitat civil derivada dels danys materials i personals, així com els perjudicis que es causin a tercers, al port o a les intal·lacions marítimes com a conseqüència d'una col·lisió, abordatge i per altres fets derivats de l'ús del vaixell en aigües marítimes espanyoles. Segons el pressupost facilitat per la correduria d'assegurances Willis Iberia, aquest valor seria

⁴¹ Publicat al BOE de l'11 de setembre del 1999. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/1999/09/11/pdfs/A33009-33027.pdf>

⁴² Les Entitats Col·laboradores d'Inspecció són empreses autoritzades per l'administració per fer les inspeccions a les embarcacions d'esbarjo, segons legisla el RD 1434/1999. Es pot consultar un llistat d'aquestes a: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/9F8CB423-295F-41BA-894D-A83524E95BEE/110217/ListadoECIs.pdf>

⁴³ Publicat al BOE del 30 d'abril de 1999. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/1999/04/30/pdfs/A15894-15896.pdf>

d'uns 900€, però és molt factible que es pugui trobar una assegurança per un preu molt menor.

- **Actes registrables:** qualsevol acte o incidència que afecti l'embarcació que sigui susceptible de comprometre la integritat física i legal de l'embarcació. Aquests actes són: la transferència de la propietat o titularitat, les obres de reparació o transformació, canvis de motor, de matrícula o de llista, o qualsevol acte o incidència que suposi la creació, modificació o extinció d'un gravamen. Qualsevol d'aquests actes s'ha de comunicar a l'autoritat competent i, complir amb els tràmits que marqui aquesta (anotació al full d'assentament, expedició d'un nou certificat, etc.). Tot seguit s'enumeraran els que poden afectar a la Lady:
 - Canvi de titularitat: notificació a la DGMM. En els expedients de canvi de domini s'ha de presentar la documentació següent:
 - Instància sol·licitant el canvi de domini⁴⁴.
 - Còpia de la declaració de l'Impost de Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats o Impost de Successions i Donacions o Impost de Societats que acrediti la seva liquidació.
 - Contracte de compravenda.
 - DNI del comprador i del venedor.
 - Justificant de pagament de la taxa (model 790025) per l'actuació als registres de vaixells i empreses navieres.Aquest tràmit no eximeix de la obligació d'inscriure l'embarcació al Registre de Béns Mobles.
 - Canvi de llista. S'envia sol·licitud a la DGMM.
 - Sol·licitud de canvi de llista.
 - DNI o CIF del sol·licitant.
 - Pagament de la taxa corresponent.
 - Canvi de motor o reformes. Detallat al tercer apartat d'aquest capítol.
- **Marcatge CE:** El marcatge CE de les embarcacions d'esbarjo suposa una garantia de que s'està complint amb els requisits de seguretat d'aquestes establerts per les Directives de la Unió Europea. Està regulat pel *Real Decreto 2127/2004, de 29 de octubre, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de*

⁴⁴ Model de la instància a l'Annex D.

*recreo, de las motos náuticas, de sus componentes y de las emisiones de escape y sonoras de sus motores*⁴⁵ (RD 2127/2004). Aquest Reial Decret té per objectiu fer complir la normativa europea i harmonitzar les diferents legislacions nacionals amb la finalitat d'eliminar els obstacles tant en el comerç interior de la Unió Europea, com per garantir una unitat en els criteris de seguretat de les embarcacions. En el RD 2127/2004 s'estableixen els requisits bàsics de seguretat en el disseny i construcció de les embarcacions d'esbarjo i en certs components amb incidència en la seguretat de la navegació, així com també integra determinats requisits en matèria de medi ambient. A partir del 16 de juny de 1998⁴⁶, totes les embarcacions introduïdes per primer cop al mercat comunitari (embarcacions noves construïdes a la UE o embarcacions noves o de segona mà provinents de tercers països) hauran de portar el marcatge CE. En cas d'embarcacions anteriors a aquesta data el marcatge CE no és obligatori però si recomanable, éssent necessari obtenir-lo en canvis de titularitat o en cas d'obres o reformes importants o canvis en l'equip propulsor posterior a la data d'implantació del RD 2127/2004, el 31 de desembre de 2005. Per obtenir el marcatge CE posterior a la construcció s'ha de sol·licitar a un Organisme Notificat⁴⁷ que faci unes proves per garantir el compliment de la normativa europea en l'embarcació. El fet de tenir el marcatge CE és molt recomanable, ja que és una garantia de qualitat i simplifica alguns tràmits donats els marges de seguretat que proporciona. En el cas de la Lady, intentar obtenir el marcatge CE suposa molts més problemes que no avantatges s'obtidrien un cop aconseguit. Teòricament pel fet de remotoritzar i reparar i reformar part del buc ja es tindria l'obligació d'obtenir el marcatge CE, amb el cost econòmic i temporal corresponent per tal que un Organisme Notificat fes la Declaració Escrita de Conformitat de l'embarcació i del propulsor, en el bon supòsit de que es complissin les normatives europees, cosa que tampoc està clara per les característiques dels equips instal·lats a bord (alguns d'aquests són anteriors a qualsevol normativa de marcatge CE) i pel disseny únic i experimental de de la planta propulsora, equip de govern i quadres de control. A

⁴⁵ Publicat al BOE del 30 d'octubre del 2004. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2004/10/30/pdfs/A35888-35905.pdf>
A l'Annex XVIII d'aquest Reial Decret estan enumerades totes normes UNE compreses en l'àmbit d'aplicació del RD. Última actualització d'aquest Annex està publicada a la RESOLUCIÓN de 25 de septiembre, de la Dirección General de la Marina Mercante, por la que se actualiza el anexo XVIII del Real Decreto 2127/2004, recollida al BOE del 3 de desembre del 2007. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/03/pdfs/A49811-49813.pdf>

⁴⁶ Data indicada al REAL DECRETO 297/1998, de 27 de febrero, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, embarcaciones de recreo semiacabadas y sus componentes, en aplicación de la Directiva 94/25/CE. Aquest Reial Decret queda derogat pel RD 2127/2004, ja que canvien moltes de les condicions i es legislen noves normes UNE.

⁴⁷ El llistat d'Organismes Notificats Autoritzats es pot consultar en aquest enllaç: http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/409EEB62-5B7E-4461-A48B-A3FE1DCA86D2/70232/Listofnotifiedbodies_situation1.pdf

l'article 2.2 del RD 2127/2004 s'enumeren els casos que queden exclosos de l'aplicació d'aquest Reial Decret, éssent un d'aquests casos les embarcacions de caràcter experimental sempre que no s'introdueixin posteriorment en el mercat. Aquest és el cas de la Lady, cosa que beneficia en gran mesura l'execució del projecte.

- **Seguretat:** Els equips de seguretat, salvament, contra incendis, navegació i prevenció de la contaminació que han de portar les embarcacions estan regulats per l'Ordre FOM/1144/2003⁴⁸, i amb les modificacions introduïdes per l'*ORDEN FOM/1076/2006, de 29 de marzo, por la que se modifica la Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo*⁴⁹ (Ordre FOM/1076/2006). Aquest punt es tractarà amb detall a l'apartat 4 d'aquest capítol.
- **Titulacions:** En el cas de mantenir la Lady a la llista 7^a, la titulació ha de ser de nàutica d'esbarjo. S'ha considerat que amb les atribucions que dóna el títol de Patró de Navegació Bàsica (PNB) ja són suficients pel tipus d'embarcació i l'ús experimental que se li vol donar. El PNB permet governar embarcacions d'esbarjo a motor fins a 7,5 metres d'eslora, amb la potència del motor adequada a aquesta i fins una distància de 5 milles d'un abric. Es tramitarà la llicència de navegació (on, com ja s'ha dit, ha de constar la titulació mínima per governar la llanxa, que depèn de la zona de navegació per a la que es vol despatxar la llanxa) per tal que consti el PNB com a titulació mínima. Evidentment, amb la de Patró d'Embarcacions d'Esbarjo (PEE), Patró de lot (PI) i Capità de lot (CI), es podrà portar la Lady perquè tenen atribucions superiors. Les atribucions de cada títol estan descrites a l'Ordre del Ministeri de Foment *ORDEN FOM/3200/2007, de 26 de octubre, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo*⁵⁰ (Ordre FOM/3200/2007). En el cas d'inscriure la Lady a la llista 8^a també servirien les titulacions de nàutica d'esbarjo. Normalment, per governar embarcacions d'aquesta llista no són vàlides les titulacions de nàutica d'esbarjo i es reclama titulació professional, però hi ha certs casos on es permeten aquestes, com per exemple per

⁴⁸ Ordre del Ministeri de Foment *ORDEN FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo*.

⁴⁹ Publicat al BOE del 13 d'abril del 2006. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2006/04/13/pdfs/A14309-14310.pdf>

⁵⁰ Publicat al BOE del 3 de novembre del 2007. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/11/03/pdfs/A45049-45084.pdf>

al govern de llanxes de socorrisme de platjes o per a embarcacions menors destinades a investigació, tal i com es descriu a la disposició addicional tercera de l'Ordre FOM/3200/2007.

- **Infraccions:** L'incompliment d'alguna de les normatives descrites pot suposar una infracció lleu, greu o molt greu amb la sanció econòmica corresponent. Tant les unes com les altres estan tipificades al Llibre Tercer, Títol IV- Règim Sancionador, del *Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante*⁵¹ (RDL 2/2011), les infraccions al Capítol I (article 305 i següents) i les sancions al Capítol II (article 311 i següents).
- **Impostos i taxes:** El fet de comprar o posseir una embarcació comporta una sèrie d'obligacions tributàries amb l'Estat. A continuació s'enuncien els impostos i taxes que poden afectar a la Lady.
 - Impost Sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats (en cas de venda) o Impost Sobre Successions i Donacions (en cas de donació): en el primer cas suposa un 5% del preu mig de venda aplicable, tal i com legisla la Generalitat de Catalunya⁵² amb el *DECRET LLEI 3/2010, de 29 de maig, de mesures urgents de contenció de la despesa i en matèria fiscal per a la reducció del dèficit públic*⁵³. El cas de la donació entre particulars està legislat per la Generalitat de Catalunya a la *LLEI 19/2010, del 7 de juny, de regulació de l'impost sobre successions i donacions*⁵⁴. Als articles 57 i 58 d'aquesta llei s'explica com calcular la quota tributària de l'impost a partir de la base liquidable (el preu mig de venda aplicable), que en el cas de la Lady seria del 14%⁵⁵ de la base liquidable. En el cas de la donació a una

⁵¹ Publicat al BOE del 20 d'octubre del 2011. Es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2011/10/20/pdfs/BOE-A-2011-16467.pdf>

⁵² L'Estatut d'Autonomia de Catalunya aprovat el 19 de juliol de 2006, i la Llei 22/2009 de 18 de desembre, regulen els tributs que es cedeixen a Catalunya. La fixació de l'abast i les condicions de la cessió es detallen a la *Ley 16/2010, de 16 de julio, del régimen de cesión de tributos del Estado a la Comunidad Autónoma de Cataluña y de fijación del alcance y condiciones de dicha cesión*. Publicat al BOE del 17 de juliol del 2010, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2010/07/17/pdfs/BOE-A-2010-11410.pdf>

⁵³ Publicat al Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 5639, del 31 de maig del 2010. Es pot consultar en aquest enllaç: <https://www.gencat.cat/diari/5639/10148161.htm>

⁵⁴ Publicat al Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 5648, de l'11 de juny del 2010. Es pot consultar en aquest enllaç: <https://www.gencat.cat/diari/5648/10154145.htm>

⁵⁵ Per a una base liquidable d'entre 0,00€ i 50.000,00€ (la de la Lady) la quota íntegra equival a un 7% d'aquesta base. Aquesta quota s'ha de multiplicar per un coeficient en funció del grup al qual pertany el contribuent, que en el nostre cas és 2.

associació, societat, etc., es tributa amb l'Impost sobre Societats⁵⁶. El preu mig de venda aplicable es tabula cada any. Pel 2012 es pot trobar a l'Ordre del Ministeri d'Economia i Hisenda *Orden EHA/3551/2011, de 13 de diciembre, por la que se aprueban los precios medios de venta aplicables en la gestión del Impuesto sobre Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados, Impuesto sobre Sucesiones y Donaciones e Impuesto Especial sobre Determinados Medios de Transporte*⁵⁷. El valor trobat per a la Lady és de 2.100€⁵⁸ aproximadament.

- Taxa de les Embarcacions Esportives i d'Esbarjo (T-5): en concepte de l'ús que es fa de l'espai portuari i de les instal·lacions que permeten l'accés marítim i terrestre al lloc d'atracament o de fondeig assignat, així com pels serveis que ofereix el port (aigua i llum). Està legislada al RDL 2/2011, Llibre Primer, Títol VII, Capítol II, Secció 4^a – Taxes d'utilització (article 223 i següents). La quota d'aquesta taxa per a la Lady és de 76€⁵⁹ anuals, aproximadament.

L'article 171.b) descriu els casos que queden exempts de pagar aquesta taxa i la d'ajudes a la navegació, éssent un d'ells el dels vaixells pertanyents a l'Administració Pública o contractats per aquesta dedicats a l'ensenyament marítim o altres tasques de la seva competència. S'hauria de verificar si la Lady pot acollir-se a aquesta exempció.

- Taxa d'Ajudes a la Navegació: en concepte de l'ús del servei de senyalització marítima. Està legislada al RDL 2/2011, Llibre Primer, Títol VII, Capítol II, Secció 5^a – Taxa d'ajudes a la navegació (article 237 i següents). La quota

⁵⁶ L'Impost sobre Societats està regit pel *REAL DECRETO LEGISLATIVO 4/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades*. Publicat al BOE de l'11 de març del 2004, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2004/03/11/pdfs/A10951-11014.pdf>

⁵⁷ Publicat al BOE del 29 de desembre del 2012, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2011/12/29/pdfs/BOE-A-2011-20471.pdf>

⁵⁸ El valor que li donen a la Sea Ray 200 Overnighter per l'any 2012 és de 15.300€. La valoració del motor és de 6.000€. El percentatge de valoració és del 10% tant per al vaixell com per al motor, ja que porten més de 14 anys d'ús. El preu mig de venda aplicable a la gestió d'impostos és de 2.130€.

⁵⁹ Per a la Lady s'han establert els supòsits de que tindrà com a base el port de Barcelona i estarà amarrada en una instal·lació nàutico-esportiva en concessió o autorització dins de la zona I, és a dir, que s'amarrarà amb els vaixells de l'APY a les instal·lacions del Reial Club Marítim de Barcelona, o al Port Vell, amb les embarcacions de la FNB.

La quota de la taxa per a aquest cas es calcula de la següent manera: T-5 = Superfície X Dies d'estada X Quantia bàsica E X Coeficient. Éssent la Superfície el valor de la multiplicació de la màniga per l'eslora, per a la Lady 16,06 m²; els dies d'estada els 365 que té l'any; la quantia bàsica E està definida a l'article 229 i és de 0,13€; i el coeficient establert per als supòsits enunciats a principi de la nota és de 0,10, segons l'article 226.b). El producte de tots aquests factors és de 76,20€.

Depenent de la relació administrativa que hi hagi entre el concessionari de les instal·lacions i l'Autoritat Portuària, la Lady podria acollir-se a la taxa en règim d'estimació simplificada, que suposaria una bonificació del 25% de l'import calculat per l'Autoritat Portuària en funció de les estadístiques de tràfic de la concessió.

d'aquesta taxa per a la Lady és de 160€⁶⁰ aproximadament, que només es paga una vegada i amb validesa infinita.

La possibilitat d'exempció de pagament d'aquesta taxa s'ha descrit en l'últim apartat del paràgraf anterior.

- Taxes pels Serveis d'Inspecció i Control de la Marina Mercant: en concepte dels reconeixements reglamentaris a que s'ha de sotmetre una embarcació per a l'expedició o renovació dels certificats reglamentaris que ha de tenir. El concepte i valor de cada certificat i inspecció està descrit a l'article 25 de la *Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social*⁶¹ i ⁶² (L 24/2001). El número i concepte de les diferents inspeccions pot variar en funció de la llista a la qual pertany el vaixell, els certificats que necessiti, el criteri de l'inspector a l'hora d'evaluar la naturalesa i utilització de la Lady, i la singularitat d'aquesta com a vaixell esportiu amb propulsió elèctrica, dissenyat i construït per diferents organismes i empreses, amb material reciclat (algunes màquines sense la marca CE) i amb la intenció de que sigui un laboratori de proves. Tot això fa que el número d'inspeccions probablement sigui superior al d'una llanxa normal, i que les taxes a pagar siguin varies, i per aquest motiu no s'ha pogut fer-ne cap càlcul del cost.
- Taxa per actuacions dels Registres de Matrícula de Vaixells i Empreses Navilieres: les actuacions d'aquests registres estan regulades al RDL 2/2011, Llibre Segon, Títol IV, Capítol II – Taxes per Actuacions Registrals (article 283 i següents), i la L 24/2001 (article 17). En el cas de la Lady, haurà de pagar les taxes d'actuacions administratives intermitjtes:
 - Actuacions segons instància, que comportin anotació al full d'assentament (p.exm. remotorització), amb una quantia base de 15€ més l'augment corresponent a cada any (pel 2011 tenia un valor de 17,57€).

⁶⁰ S'han utilitzat els mateixos supòsits que per al càlcul de la T-5.

La quota de la taxa per a aquest cas està definida a l'article 240.e), i és el resultat del producte Eslora X Màniga X Quantia bàsica A X Coeficient. Éssent l'eslora 6,58 m, la màniga 2,44 m, la quantia bàsica A 0,25€ i el coeficient 40. El producte de tots aquests factors és de 160,60€.

Depenent de la relació administrativa que hi hagi entre el concessionari de es instal·lacions i l'Autoritat Portuària, la Lady poria acollir-se a la taxa en règim d'estimació simplificada, que suposaria una bonificació del 20% de l'import calculat per l'Autoritat Portuària en funció de les estadístiques de tràfic de la concessió.

⁶¹ Publicat al BOE del 31 de desembre del 2001, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2001/12/31/pdfs/A50493-50619.pdf>

⁶² També està legislat al RDL 2/2011, article 282. Però en aquest no es determinen les quanties de les taxes, sinó que remet a una llei de l'any 1989 (*Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos*).

- Certificacions a instància. Còpies del full d'assentament. Amb un cost base de 6€ per cada una més l'augment anual corresponent (pel 2011 el valor era de 6,89€).
- Còpia del contingut de l'expedient, amb una quantia assignada igual a la de les anotacions al full d'assentament.

7.2 ESTAT INICIAL DE LA LADY I TRÀMITS NECESSARIS PER LA SEVA LEGALITZACIÓ

Tal i com ja s'ha exposat anteriorment, la Lady és una embarcació que va patir un incendi l'any 2002, va ser enfonsada parcialment per apagar-lo i es va reflotar. Posteriorment es va portar a una marina seca on va estar fins a principis del 2011.

Pel que fa a la seva propietat, l'antic propietari la va donar a un membre de l'APY, però en cap moment no s'ha fet cap document de compravenda i la propietat consta en el registre a nom de l'antic propietari.

Els documents que es conserven de la Lady es poden consultar a l'Annex A, i són:

- Certificat de navegabilitat per a embarcacions d'esbarjo amb una eslora menor de 24 metres. (data d'expedició: 16 de juliol del 2001).
- Inventari adjunt al certificat de navegabilitat per a embarcacions d'esbarjo d'eslora inferior a 24 metres. S'especifica la composició de la maquinària propulsora, els grups electrògens, l'equip de buidatge i contraincendis, l'equip de salvament, els llums de navegació, equip de fondeig, amarratge i material divers, el material nàutic i l'equip de ràdio i navegació.
- Manual del motor Mercruiser 888-233.

Teòricament, els canvis que es facin a la Lady susceptible de ser anotats al full d'assentament s'han de comunicar a la Capitania Marítima de Palamós, ja que és el port de matrícula de la llanxa i el que ha d'anotar els canvis a l'expedient. Com que l'embarcació s'està reparant a Barcelona i el port base també serà aquest, s'ha decidit que tots els tràmits es faran a Capitania de Barcelona. A partir d'aquí hi ha dues opcions:

- Mantenir el port de matrícula a Palamós i anar comunicant a la Capitania Marítima d'allà canvis que es facin a la Lady.
- Fer un canvi de port de matrícula a Barcelona. Si es fa el canvi a la llista 8ª, ja implicarà una modificació de la matrícula i per tant no suposarà un tràmit extra. En cas de deixar-lo a la llista 7ª s'ha de sol·licitar un canvi de port de matrícula (pagant la taxa corresponent) i un cop aprovat traslladaran l'expedient al nou port.

Un cop fet aquest apunt sobre els pros i contres del canvi del port de matrícula, els documents i tràmits que s'han de fer són:

- Formalitzar un contracte de compravenda o una escriptura de la donació entre l'antic propietari i el membre de l'APY que és l'actual propietari. Inscriure l'embarcació al Registre Béns Mobles. Liquidar l'Impost Sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats (en cas de venda) o Impost Sobre Successions i Donacions (en cas de donació).
- Tramitar un nou full d'assentament, ja que l'anterior ja no existeix. Sol·licitar un duplicat i pagar la taxa corresponent.
- Comunicar a la DGMM el canvi de titularitat de l'embarcació. S'ha d'entregar el contracte de compravenda, una còpia de la liquidació de l'Impost Sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats o Impost Sobre Successions i Donacions, el DNI de comprador i del venedor i la instància comunicant el canvi de titularitat.
- Si s'optés per fer un canvi de llista també s'ha de sol·licitar a la DGMM. S'ha de parlar atenció perquè en cas de voler canviar la Lady a la llista 8ª s'ha d'aclarir si és obligatori que la Lady pertanyi a la FNB o només amb l'usdefruit ja n'hi hauria prou. En cas de canvi de llista s'ha d'acreditar que la Facultat de Nàutica està inscrita a la secció tercera del registre d'empreses navilieres⁶³.
- Sol·licitar via instància l'anotació al full d'assentament dels actes registrables que ha patit l'embarcació i pagar les taxes corresponents. Tant l'incendi, com l'enfonsament són actes registrables, ja que són susceptibles de comprometre la integritat física de l'embarcació. Haurien d'haver estat anotats al full d'assentament i s'hauria d'haver passat una inspecció posterior per assegurar el bon estat de l'embarcació i del seu equip i motor propulsor. Aquesta inspecció ja no té sentit, doncs la Lady ja s'ha modificat i reparat, i el seu equip propulsor no és el mateix; té més sentit esperar a que s'acabin de fer totes les reformes i el canvi de la planta propulsora i fer la inspecció llavors. Al final, al full d'assentament hauran de quedar anotats l'incendi, l'enfonsament i reflotació de la barca, així com el canvi de titularitat, el canvi de llista si s'opta per ell, i les modificacions i el canvi de la planta propulsora que se li està fent.
- Sol·licitar un nou Permís de Navegació (en cas de la llista 7ª) o una Patent de Navegació (en el cas de la llista 8ª) i pagar la taxa corresponent.

⁶³ La FNB ja ha d'estar inscrita a la secció tercera del registre d'empreses navilieres, doncs és propietària del veler *Barcelona* i la motora *Payara*, ambdós inscrits a la llista 8ª.

- Sol·licitar el Certificat de Navegabilitat. Es farà una inspecció per part de capitania i s'haurà de pagar una taxa.
- Contractar una pòlissa d'assegurança.
- Rol o Llicència de navegació (depenent de la llista). S'ha de presentar la titulació del propietari de l'embarcació o de la tripulació que anirà a bord. Despatxar el vaixell, per a nàutica d'esbarjo o per a llista 8ª. Normalment a la llista 8ª no són vàlides les titulacions de nàutica d'esbarjo i es reclama titulació professional, però hi ha certs casos on es permeten aquestes, com per exemple per al govern de llanxes de socorrisme de platjes o per a embarcacions menors destinades a investigació, tal i com es descriu a la disposició addicional tercera de l'Ordre FOM/3200/2007.

Un cop fets tots aquests tràmits (que poden variar d'ordre en funció de l'estat de la reforma i del criteri del coordiador del projecte i de l'inspector assignat per l'Administració) les opcions en que pot quedar la Lady són tres:

- Quedar despatxada per a 6 persones i zona de navegació 6 (fins a 2 milles de la costa) amb certificat de navegabilitat aprovat i resta de documents en ordre. (Amb l'opció de restringir la navegació a aigües portuàries i acompanyat sempre per un tender per si hi ha problemes, com a mesura de seguretat).
- Impossibilitat de navegar perquè la capitania Marítima no ha aprovat el projecte.
- Permís únicament per fer les proves de mar i experimentar amb la llanxa per la seva condició de prototip destinat a la investigació. Aquestes proves servien per corregir mancances en seguretat i agafar dades per millorar el funcionament de la cadena energètica de cara a millorar aquesta embarcació o aprofitar els coneixements adquirits per una futura construcció més eficient que compleixi totes les normatives.

7.3 PROCEDIMENT REQUERIT PER CAPITANIA MARÍTIMA PER LA REFORMA I REMOTORITZACIÓ

Abans de res cal aclarir que el procediment que s'ha de seguir amb la Lady no és l'habitual, primer perquè hi ha passos que s'han fet a abans de contactar i obtenir el permís de l'administració, i segon perquè per les característiques de la instal·lació (propulsió elèctrica i màquines reaprofitades) s'han d'obtenir els permisos per una via alternativa a l'habitual.

El procediment habitual a seguir en un cas de remotorització és:

- Escollir un taller o drassana que estigui autoritzat per fer aquets tipus de feina. En el cas de la Lady és la drassana del Consorci El Far.

- Sol·licitar l'autorització prèvia del projecte a la Capitania Marítima (per ser una embarcació inferior a 24 m d'eslora no cal presentar la sol·licitud a la Direcció General de la Marina Mercant). Aquesta autorització és necessària per tal de verificar que el projecte compleix amb la normativa nacional i internacional aplicable en matèria de seguretat marítima i prevenció de la contaminació en el medi marí. Aquesta sol·licitud l'ha de presentar la drassana o taller encarregat dels treballs (en el cas de la Lady la drassana del CEF) i l'operador de l'embarcació (per les característiques de la Lady el més senzill és que es presenti com a operador la FNB, ja que d'aquesta manera és més fàcil justificar la vessant formativa i d'investigació que té), i ha d'anar dirigida al Director General de la Marina Mercant. Aquest document es presenta a la Capitania Marítima dins l'àmbit geogràfic en el qual estigui la drassana (en el nostre cas la Capitanía Marítima de Barcelona). El model del document el faciliten a qualsevol Capitania Marítima amb el nom de *Solicitud de cambio de motor intraborda/fueraborda* (inclòs a l'Annex D).
- Juntament amb les dues còpies del document anterior s'ha de presentar el resguard de pagament d'una taxa, per l'anotació al full d'assentament, de 17,57€. Aquesta taxa respon al nom de *Registro de buques y empresas navieras*, codi 025 i model 790. Aquest imprès també el donen a qualsevol Capitania Marítima (inclòs dins de l'Annex D).
- Les sol·licituds també aniran acompanyades del projecte de reforma del vaixell, que inclourà les especificacions, càlculs, plànols, pressupostos i altres documents tècnics que defineixin les exigències tècniques de l'obra. Inclourà la documentació específica que determini la normativa en vigor i justificarà tècnicament les solucions proposades d'acord amb la normativa tècnica aplicable en matèria de seguretat marítima i prevenció de la contaminació del medi ambient marí⁶⁴. Aquest projecte és necessari perquè la reforma comporta una modificació significativa a nivell conceptual de la planta propulsora i de la distribució de pesos que requereix un nou estudi d'estabilitat i una justificació de la cadena energètica. El projecte ha de ser redactat per un tècnic titulat i visat pel Col·legi Oficial al que pertanyi.
- Juntament amb els anteriors documents s'ha d'entregar una còpia del Certificat de Navegabilitat del vaixell en vigor.

⁶⁴ A part dels reials decret enumerats a l'apartat 7.1, existeix la circular 7/95 de la DGMM, que té l'objectiu d'aclarir i interpretar la normativa vigent fins llavors sobre construcció, equipament i reconeixement d'embarcacions d'esbarjo. Aquesta circular és molt útil perquè recull en un sol document tota la normativa repartida per diferents organismes i múltiples lleis fins l'any 1995. Evidentment cal comprovar els canvis que hi ha hagut, però la tasca és molt més senzilla. Es pot consultar en el següent enllaç: <http://www.labcer.es/it/ER-Circular7-95.pdf>

- Un cop entregada tota aquesta documentació a l'Administració, aquesta autoritza o no l'execució del projecte, indicant les objeccions i advertències que trobi al projecte, que s'hauran de solucionar.
- Quan es tingui l'autorització es designarà un director d'obra que dirigirà el correcte desenvolupament del procés de reforma, conforme amb el que està diposat en el projecte i al que s'estableix a la normativa.
- Al finalitzar les obres d'instal·lació s'ha d'entregar un certificat de la drassana on es dona per acabada l'obra, la documentació que acrediti tota la procedència de la maquinària (contracte de compravenda entre particulars, escriptura de donació o factura de venda del proveïdor, segons sigui el cas), certificat CE o d'inspecció tècnica de les mateixes i la factura de la instal·lació desglossada amb el material i la mà d'obra.
- Després l'embarcació passarà una inspecció per part de Capitania, la ITV (Inspecció Tècnica del Vaixell) i s'entregarà el document a Capitania per tal de que consti a l'expedient i emetin un nou Certificat de Navegabilitat. S'haurà de pagar una altra taxa pels serveis d'inspecció i expedició del nou certificat.
- S'hauria de verificar la possibilitat de tramitar l'expedient com a embarcació construïda per "aficionats", cosa que justificaria el muntatge per part de la UPC (tot i que la presentació del projecte visat seguiria sent obligatòria), i com a prototip de caràcter experimental, que permetria la instal·lació a bord de les màquines sense marcatge CE. Si es presenta com una construcció d'aficionats llavors també s'hauria de demanar un permís al Departament d'Indústria de Catalunya.

Tot aquest procés seria per a una embarcació estàndard, amb el Certificat de Navegabilitat i la resta de documents al dia, per part d'un propietari que volgués instal·lar un motor nou que exigís la presentació d'un projecte de remotorització. Però no és el cas de la Lady.

Aquesta parteix d'unes circumstàncies totalment diferents: no està al dia cap dels papers, ni tan sols la propietat; no s'ha desenvolupat cap projecte d'acord amb els requisits que exigeix l'Administració Marítima, sinó que s'ha anat fent en funció de les necessitats projectistes dels estudiants (tant la teoria com la pràctica) i s'ha anat modificant el projecte en funció de les pròpies necessitats avalat pel mètode prova-error; la majoria del material és aprofitat i bona part no té certificació CE, i, sobretot, per la pròpia naturalesa del projecte (propulsió híbrida en una llanxa), de les institucions que el duen a terme (el muntatge de la cadena energètica per part de la comunitat de la UPC) i la finalitat formativa i de recerca.

Per tots aquests motius l'intercanvi d'informació amb Capitania haurà de ser diferent, ad hoc: el projecte s'haurà de presentar com un prototip de caràcter experimental i s'hauran d'intentar aconseguir els permisos per poder fer proves de mar, ja que sembla bastant poc viable que la Lady pugui funcionar en un futur amb normalitat com a embarcació destinada a la formació d'estudiants i aficionats, amb lliure circulació dins la zona de navegació despatxada. El principal obstacle és la seguretat: cap inspector de Capitania no es comprometrà si la seguretat de la tripulació no està garantida al 100%, i amb la nova implantació conceptual, amb mecanismes no validats tècnicament segons les seves normes com és el de la cadena energètica de la Lady, és molt complicat que donin el vist-i-plau. En canvi, el que sí que és més factible és que permetin fer proves de mar, i aquest ha de ser l'objectiu.

Per tot el que s'ha exposat no es pot dictar una manera de procedir en el tracte que s'ha de tenir amb l'Administració Marítima, sinó que el millor és demanar cita amb un inspector, exposar-li el projecte i tirar-lo endavant segons les seves recomanacions i segons ho vagin requerint les circumstàncies.

7.4 SEGURETAT I MEDI AMBIENT

Qualsevol vaixell d'esbarjo ha de portar a bord un seguit d'equips de seguretat, salvament, contraincendis, navegació, prevenció de la contaminació i radiocomunicacions. Aquests equips estan regulats per l'Ordre FOM/1144/2003, l'Ordre FOM/1076/2006 i pel *Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles*⁶⁵ (RD 1185/2006). Tot i que la Lady queda fora de l'àmbit d'aplicació de les ordres ministerials per ser una embarcació experimental, tal i com s'indica a l'article 2.2.c) de la primera, en aquest PFC es segueix el criteri de que la seguretat preval per sobre de qualsevol altra cosa i a més, tal i com s'ha explicat abans, l'Àrea d'Inspecció de Capitania no comprometrà la seguretat de cap tripulant per donar prioritat a criteris econòmics. Tot seguit s'especifiquen els elements que ha de portar a bord una embarcació com la Lady despatxada per a la zona 6 (navegació en aigües costeres fins a 2 milles) o per a la zona 7 (navegació en aigües protegides).

- **Equipament de salvament:**

- 6 armilles salvavides SOLAS o CE (mínim 100N de flotabilitat). Una per persona autoritzada. Obligatòries per a zona 6 i zona 7.
- 3 bengales de mà. Només obligatòries per a zona 6.

⁶⁵ Publicat al BOE de l'1 de novembre del 2006, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2006/11/01/pdfs/A37906-37944.pdf>

- **Equips de seguretat:**

- Llums de navegació: en el cas de la Lady no són obligatòries per ser una embarcació menor de 7m d'eslora, però s'ha decidit instal·lar-ne pel poc esforç que suposa tècnicament i econòmica (llums de costat i una tothoritzó).
- Amarratge i fondeig
 - Dues estatges d'amarratge, com a mínim.
 - 1 gafa.
 - Línia de fondeig de 5 cops l'eslora, com a mínim. Formada per cadena més estatja. La cadena serà d'acer galvanitzat, d'una eslora de longitud com a mínim i de 6mm de diàmetre. L'estatja serà de 10mm de diàmetre i completarà la longitud.
 - Àncora de 10kg.

- **Equips de navegació:**

- Botzina de boira
- Pavelló nacional
- Mirall de senyals
- Compàs de govern. Tot i que per a les zones de navegació 6 i 7 no és necessari, s'ha cregut convenient incloure-lo.

- **Equips de contraincendis i buidatge:**

- 1 extintor de, com a mínim, 2 kg, tipus 21B (pot ser de capacitat extintora superior i també per a altres tipus de focs). Com que la Lady està dotada amb una instal·lació elèctrica de més de 50 V, l'extintor ha de ser adequat per a l'extinció de focs d'origen elèctric. Tot i que molts extintors de pols són aptes per apagar aquests focs, es recomana un de CO₂ perquè no danya la instal·lació elèctrica i no deixa residus difícils de netejar. Donades les característiques de la cadena energètica de la Lady i el tipus de combustible que porta es recomana portar dos extintors⁶⁶.
- 1 poal (no necessari per a zona 7).

⁶⁶ A l'apartat 5.1.1 ja s'ha explicat tota la normativa de seguretat referent al tipus de combustible usat, els problemes que comporta per a la viabilitat del projecte i les possibles solucions.

- 1 bomba de buidatge de sentines amb capacitat d'evacuació de 15 l/min com a mínim. A la Lady s'ha decidit instal·lar-ne dues. Una elèctrica i una altra manual.
- **Equips per a la prevenció d'abocaments d'aigües brutes i de contaminants:**
 - Per les característiques de disseny de la Lady no ha de portar cap equip relacionat amb la prevenció de la contaminació, però ha de quedar clar que està prohibida qualsevol descàrrega d'aigües brutes o contaminades en aigües compreses dins la zona de navegació 6.
- **Equips de radicocomunicació:**
 - Per a les zones 6 i 7 no hi ha cap equip de radiocomunicació que sigui obligatori portar a bord, però seria útil portar un equip portàtil de VHF per poder comunicar-se amb qui sigui oportú si hi ha complicacions amb la cadena energètica durant les proves de mar.
- **Farmaciola:**
 - Encara que per a la zones 6 i 7 no és obligatori, es recomana portar una farmaciola a bord per a primers auxilis.

A part de tot l'equipament enumerat, quan es construeix un vaixell o es fa una reforma s'han de tenir en compte una sèrie de requisits bàsics per a la seguretat, per a les emissions d'escapaments i per a les emissions sonores. Aquests requisits s'han d'aplicar al seu disseny i construcció, i estan legisllats al RD 2127/2004. Com passa amb els equips de seguretat que s'han de portar a bord, per la particularitat experimental de la Lady aquesta queda fora de l'àmbit d'aplicació d'aquest Reial Decret, però no està de més fer un repàs dels requisits més significatius.

- **Requisits relacionats amb la seguretat:**
 - Motors i recintes per a motors:
 - Els motors han d'estar instal·lats en un recinte tancat i aïllat de l'habitabilitat.
 - Les parts del motor que requereixin inspeccions o revisió freqüents han de ser de fàcil accés.
 - Els materials aïllants dins del recinte del motor han de ser incombustibles.
 - El compartiment del motor ha d'estar ventilat.

- Quan el motor no està protegit per una tapa o un recinte, les parts calentes o mòbils que puguin ocasionar lesions han d'estar protegides
- Combustible:
 - Les zones ocupades per dipòsits estaràn ventilades i protegides de fonts importants de calor.
 - La benzina s'emmagatzemarà aïllada del compartiment del motor i de qualsevol altra font d'inflamació.
- Sistema elèctric:
 - La instal·lació elèctrica d'abord ha d'estar dissenyada de tal manera que redueixi al mínim el perill d'incendi i d'electrocució.
 - Tots els circuits alimentats per les bateries excepte els de posta en marxa del motor hauran d'estar protegits de la sobrecàrrega i els curtcircuits.
 - Les bateries han d'estar convenientment ventilades i protegides de l'aigua.
- **Requisits per a les emissions d'escapaments:**
 - Les emissions dels motors que funcionen en règim de funcionament normal, no han de superar els valors que marca el quadre 1 de l'apartat B.2. de l'Annex I del RD 2127/2004. El motor de combustió de la Lady no pot superar els valors de:
 - Monòxid de carboni (CO) ≤ 230 g/kW.h
 - Hidrocarburs (HC) $\leq 17,0$ g/kW.h
 - Òxids de nitrogen (NO_x) $\leq 15,0$ g/kW.h
- **Requisits per a les emissions sonores:**
 - Els nivells d'emissió sonora dels motors no han de superar els valors que marca el quadre 2 de l'apartat C.1. de l'Annex I del RD 2127/2004. Aplicat al motor de la Lady, aquest no pot superar el 67 dB de nivell de pressió sonora.

Per últim s'ha d'indicar que a la *RESOLUCIÓN de 25 de septiembre, de la Dirección General de la Marina Mercante, por la que se actualiza el anexo XVIII del Real Decreto 2127/2004*⁶⁷ hi ha el llistat de les normes UNE harmonitzades amb les que ha d'esat

⁶⁷ Publicat al BOE del 3 de desembre del 2007, es pot consultar a la pàgina web del Boletín Oficial del Estado en aquest enllaç: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/03/pdfs/A49811-49813.pdf>

conforme el disseny i construcció d'una embarcació esportiva per garantir-ne la seguretat. Per ser una llanxa de caràcter experimental en el camp de la propulsió elèctrica, seria interessant mirar les que afecten a les instal·lacions elèctriques, que tot seguit es llisten.

- Normes UNE-EN ISO 9097:1996 i UNE-EN ISO 9097/1M:2001. Embarcaciones de recreo. Ventiladores eléctricos. (ISO 9097:1991).
- Norma UNE-EN ISO 10133:2001. Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión (ISO 10133:2000).
- Norma UNE-EN ISO 13297:2001. Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente alterna (ISO 13297:2000).
- Norma UNE-EN ISO 15584: 2001. Embarcaciones de recreo. Motores de gasolina intraborda. Componentes de combustible y eléctricos montados en el motor (ISO 15584:2001).
- Normes UNE-EN 28846:1994 i UNE 28846/1M:2001. Embarcaciones de recreo. Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables (ISO 8846:1990).
- Norma EN 60092-507:2000. Instalaciones eléctricas de los barcos. Parte 507: embarcaciones de recreo (IEC 60092-507: 2000).

L'Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), és l'entitat privada que, entre altres coses, s'encarrega d'elaborar les normes tècniques espanyoles (UNE) i representar l'Estat espanyol en els diferents organismes de normalització regionals i internacionals. Per poder consultar aquestes normes hi ha tres opcions: o comprar-les a través de la pàgina web de l'AENOR⁶⁸, o consultar-les de forma gratuïta al fons documental d'alguna de les delegacions⁶⁹ d'aquesta entitat, o consultar-les en alguna biblioteca tècnica (algunes d'aquestes normes estan disponibles per a consulta a biblioteques de la UPC). La primera opció suposa pagar un preu molt elevat, tenint en compte la obligatorietat (teòrica en el nostre cas) de compliment de les normes, (p.exm. la norma UNE-EN ISO 10133:2001 costa 38,05€), i la segona i tercera opció suposa desplaçar-se i consultar-les in situ a la delegació o biblioteca pertinent.

⁶⁸ Es poden comprar les normes a través del següent enllaç:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/buscadornormas.asp>

⁶⁹ Al següent enllaç es pot consultar la localització de la seu i les delegacions que té l'AENOR:
http://www.aenor.es/aenor/aenor/donde_estamos/donde_estamos.asp

8 ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL

Per evaluar l'impacte ambiental del projecte, s'ha d'analitzar la repercussió en el medi que tindrà la implementació de cada una de les fases d'aquest: el disseny, la construcció, la vida útil i el desballestament. S'han d'analitzar totes les alteracions al medi físic, medi biològic i medi humà que es plantegin d'entrada o vagin sorgint a mida que avança l'obra, i els possibles remeis o millores que s'introdueixin.

Els grans aliats per a que aquest projecte sigui el màxim respectuós possible amb el medi ambient són la cadena energètica híbrida i l'aprofitament i reutilització, en gran mesura, de màquines i de material per a la seva construcció.

A continuació es detallen els diferents punts en funció del medi el qual afecten. Alguns dels punts tractats són de gran importància pel caràcter experimental del projecte i, durant les proves de mar s'hauran de mesurar per veure l'eficàcia i l'eficiència del projecte.

- **Medi físic**

- Consum de combustible: serà menor que la d'un motor d'explosió convencional per la major eficiència energètica (teòrica) de la cadena híbrida, per l'aprofitament de l'electricitat sobrant amb l'acumulador cinètic d'energia elèctrica, per la instal·lació de plaques solars per carregar les bateries que alimenten els altres sistemes de la Lady i per la major rapidesa en la resposta del motor de propulsió.
- Emissions de gasos d'escapament a l'aire: en reduir el consum de combustible aquestes seran menors en quantitat. Qualitativament parlant s'hauria de fer una medició de la composició química i mirar que no superin els valors establerts d'HC, CO i NOx pel RD 2127/2004 (aquests valors es poden consultar a l'apartat 7.4). En cas de es superessin els límits permesos es podria col·locar un filtre de gasos d'escapament.
- Abocament de líquids al mar: no es preveu l'abocament de cap mena de líquid que no sigui aigua al mar. En cas d'embarcament d'aigua a la sentina es bombejarà al mar directament, en cas de que hi hagi restes d'hidrocarburs (combustible o oli) es recollirà amb un drap o una manta absorbent d'hidrocarburs i reciclat segons MARPOL⁷⁰ per la concessionària de l'amarrador. Per llei està prohibit abocar res al mar dins la zona de navegació de la Lady.

⁷⁰ El MARPOL (*Marine Pollution*) és el Conveni Internacional per a la Prevenció de la Contaminació pels Vaixells.

- Material usat en la construcció: en gran mesura és material reutilitzat i recuperat, de baixa toxicitat, llarga vida i reciclable. S'ha intentat evitar al màxim l'ús de material tòxic, essent inevitable en el cas de la fibra de vidre i la resina per al fibrat, la pintura del buc i del z-drive i les bateries d'alimentació de sistemes auxiliars i d'arranc del motor tèrmic.
- Residus generats durant la construcció: aquests van a parar als magatzems temporals de residus del CEF, de la FNB i de l'ETSEIB, i posteriorment recollits i reciclats correctament, tal i com garanteixen els certificats ISO 9001:2008 que tenen els tres centres.

- **Medi biològic:**

- Emissions sonores a l'aigua: els motors elèctrics són més silenciosos que els motors de combustió. La principal font de soroll serà el motor tèrmic, que no hauria de superar els límits que marca el RD 2127/2004. Tot i que l'impacte sobre les espècies marines serà molt menor al de la resta del tràfic del port de Barcelona (vaixells mercants, remolcadors, llanxes d'amarradors i de pràctics, ferrys, etc), no per això s'ha de procurar reduir-lo al màxim i, si calgués, aïllar acústicament el motor tèrmic.
- Vibracions transmèses a l'aigua: per tal de que aquestes siguin mínimes s'han dissenyat unes bancades molt fermes que limiten el moviment dels conjunts generadors i propulsors, alhora que s'han posat silent blocks entre aquestes i la bancada estructural de la llanxa per tal d'amortir al màxim el moviment de les màquines. Com en el cas anterior l'impacte serà mínim comparat amb el causat per la resta de vaixells que naveguen en aigües portuàries.

- **Medi humà:**

- Emissions sonores a l'aire: com ja s'ha explicat per a l'efecte sobre el medi biològic, la font principal de soroll serà el motor tèrmic. Si el nivell de decibels fos alt, s'haurà d'intentar aïllar acústicament la màquina i protegir als tripulants amb taps o cascs per a les orelles.
- Temperatura de les màquines i dels escapaments: per tal de protegir a les persones de possibles cremades s'hauran d'aïllar tèrmicament tant els escapaments com la part de les màquines que pugui estar a l'abast del contacte humà. Per precaució no està de més portar a la farmaciola pomada o apòsits per a cremades.

- Protecció elèctrica: l'embarcació haurà d'estar proveïda amb tots els elements de seguretat personal que requereix la legislació, així com protegir les màquines i les bateries de qualsevol contacte fortuït. Es pot dur a bord un parell de guants aïllants de l'electricitat per a un cas d'emergència.
- Protecció mecànica: s'haurà de protegir a les persones del contacte amb qualsevol part mòbil de les màquines per evitar possibles accidents. S'ha dissenyat una coberta protectora de les màquines amb aquesta finalitat.
- Influència de les ones electromagnètiques: per el nombre de màquines i la freqüència de les emissions, i pel nombre d'hores que funcionarà la Lady no s'esperen efectes sobre les persones. De totes maneres s'haurà d'estar alerta a possibles canvis fisiològics de les persones embarcades.
- Material manipulat durant la construcció: s'han d'usar tots els Equips de Protecció Individual (EPI's) necessaris per a evitar qualsevol lesió per manipulació d'eines i materials. En funció de la feina s'han usat uns EPI's o uns altres (guants, ulleres, mascaretes, etc).
- Protecció durant les proves: s'han usat tots els mitjans disponibles per tal de protegir les persones. Per als assajos de les màquines elèctriques, les instal·lacions de l'ETSEIB estan dotades de totes les mesures de seguretat en cas de descàrregues. Per a les proves de la cadena energètica s'ha usat un extractor per als gasos d'escapament del motor tèrmic, així com cascs per a la protecció auditiva de les persones.

9 PRESSUPOST

Per fer el pressupost s'ha tingut en compte que el projecte és real i s'està executant aprofitant en gran part material en estoc tant del CEF com de la UPC. Aquest material s'ha valorat tenint en compte el seu estat actual: si és nou o està usat, l'estat de conservació, l'any de fabricació, etc. Per establir els preus del material reaprofitat s'han consultat moltes pàgines web de compravenda d'articles de segona mà. Per al material que és necessari comprar, s'ha demanat pressupost a diferents proveïdors. A l'Annex H hi ha tota la informació detallada del valor assignat a cada element, així com la font d'on s'ha obtingut aquest preu i el proveïdor del mateix, si s'escau.

A la columna *VALOR* del pressupost, s'ha diferenciat dels elements que no es poden aconseguir de les existències i que, per tant, s'hauran de comprar a un proveïdor estàndard (*valor real*) i els que sí es poden aprofitar dels estocs cedits (tant de les institucions implicades en el projecte com de proveïdors que han fet alguna donació), que s'han valorat en funció dels preus del mercat de segona mà (*valor estimat*).

Pel que fa al càlcul del cost de la mà d'obra, s'ha estimat el número d'hores dedicades al projecte per cada una de les institucions participants i, seguint un criteri jeràrquic, s'ha assignat una categoria amb un preu per hora.

Les principals partides pressupostàries són:

- Buc i estructura: tot el material utilitzat per a la reparació del buc, els reforços, les bancades que s'han instal·lat i els elements estructurals del sostre fotovoltaic.
- Propulsió: tots els elements que formen la cadena propulsora i el necessari per a al seu maneig; des del motor de combustió fins a la cua, passant pels elements de control.
- Electricitat: tots els components elèctrics auxiliars instal·lats a bord, tant de generació d'energia com els sistemes auxiliars necessaris. No inclou la generació d'electricitat destinada a la propulsió.
- Govern: els elements mecànic que permeten el govern de l'embarcació
- Amarratge i fondeig: tots els elements destinats a aquestes finalitats.
- Seguretat: inclou el material de seguretat obligatori per a la navegació en la zona 6, així com l'equipament de contraïncendis, de prevenció de la contaminació, per a la seguretat de la tripulació i de prevenció d'accidents a bord.

- Pintura: inclou la imprimació i els acabats de l'obra viva, l'obra morta i la destinada a peces i màquines que necessitin una capa protectora.
- Acabats: material emprat per a als acabats de la cabina, la banyera i la coberta.
- Subministres: material consumible utilitzat en diferents tasques amb que es dota a l'embarcació.
- Mà d'obra: cost de les hores invertides en el projecte (aquest número és elevat per la característica formativa i experimental del projecte).
- Tràmits: costos derivats de les gestions requerides per l'Administració Marítima.
- Altres: tots els costos que no s'han imputat en cap de les partides anteriors.

RESUM DEL PRESSUPOST		
PARTIDA	VALOR	DEFINITIU
Buc & estructura		3.199,24 €
	estimat	3.126,68 €
	real	72,56 €
Propulsió		2.056,72 €
	estimat	1.933,54 €
	real	123,18 €
Electricitat		701,55 €
	estimat	406,10 €
	real	295,45 €
Govern		291,20 €
	real	291,20 €
Amarratge i fondeig		511,00 €
	real	511,00 €
Seguretat		356,28 €
	real	356,28 €
Pintura		676,72 €
	estimat	582,33 €
	real	94,39 €

Acabats		900,00 €
	estimat	900,00 €
Subministres		598,30 €
	estimat	319,80 €
	real	278,50 €
Mà d'obra		92.000,00 €
	estimat	92.000,00 €
Tràmits		5.872,20 €
	estimat	2.500,00 €
	real	3.372,20 €
Altres		2.600,01 €
	estimat	2.000,00 €
	real	600,01 €
Total general		110.063,22 €

Taula 25 – Resum per partides del pressupost.

CÒMPUT D'HORES			
CEF	hores	preu/hora	Total
Direcció	100 h	80,00 €	8.000,00 €
Professors	250 h	40,00 €	10.000,00 €
Alumnes	1.000 h	8,00 €	8.000,00 €
UPC	hores		
Direcció	300 h	80,00 €	24.000,00 €
Projectants	2.000 h	20,00 €	40.000,00 €
Taller	50 h	40,00 €	2.000,00 €
<hr/>			
Total	3.700 h		92.000,00 €

Taula 26 – Estimació de costos de personal.

10 FUTURES LÍNIES DE DESENVOLUPAMENT

A continuació s'enumeren diferents vies de desenvolupament futures relacionades amb la Lady. Algunes d'aquestes ja estan sent estudiades per altres estudiants.

Millora del sistema d'alimentació de bateries per a sistemes auxiliars: en aquest apartat s'han contemplat tres possibilitats amb la possibilitat de combinar-les: la primera consisteix en millorar l'estudi de la instal·lació de plaques fotovoltaiques que s'ha fet en aquest PFC; la segona consisteix en estudiar i dissenyar un aerogenerador; i l'última consisteix en dissenyar una turbina d'aprofitament dels gasos d'escapament del motor tèrmic per a carregar les bateries. Aquesta última possibilitat l'està estudiant en Felip Pairó, en Jan Villanueva i en Marc Oliva (els dos primers es centren en la turbina amb cicle de Rankine i el tercer en la caldereta per generar vapor).

Instal·lació d'un ACEE per alimentar estabilitzadors: en Paul López ja ha caracteritzat un acumulador cinètic d'energia elèctrica, amb la intenció d'usar-lo per a la Lady. L'ús que s'ha pensat donar-li és com alimentador d'elements estabilitzadors i de control de l'assentament de l'embarcació. Per aquesta finalitat es poden instal·lar uns flaps elèctrics o fer una adaptació als petits propulsors de la RAS.

Millora del control de l'embarcació: estudi i disseny de l'aplicació electrònica de la consola, amb els controls tant de la cadena energètica per al govern de l'embarcació com de la generació i emmagatzematge d'electricitat per als sistemes auxiliars.

Canvi del zeta drive per jets de moto d'aigua: estudi de la viabilitat per substituir l'actual propulsor per dos jets de moto d'aigua. S'hauria de veure com afecta a nivell hidrodinàmic i els canvis necessaris a la cadena energètica i controls de l'embarcació.

11 CONCLUSIONS

Al tractar-se d'un projecte en el que han participat tres entitats diferents (l'APY, el CEF i la UPC) i per la limitació que s'ha tingut de pressupost, temps i mà d'obra, fa que l'objectiu de veure la Lady flotant a l'aigua i fer les proves de mar quedi per a futurs estudiants. El volum de treball, que ha superat amb escreix les nostres previsions inicials, els diferents problemes i imprevistos que ens hem anat trobant a mida que avançava el projecte i les intermitències pròpies del ritme estudiantil han fet que l'execució de l'obra sigui molt més lenta de la prevista.

Pel que fa al disseny constructiu, l'estabilitat de l'embarcació i l'elecció de les màquines, els objectius s'han assolit de forma acceptable: les reformes dutes a terme al buc s'han finalitzat, s'han seleccionat, assajat i comprovat la idoneïtat de les màquines que aniran a bord i s'ha fet un control sobre tots els pesos que s'embarcaran. Sobre aquest últim punt només quedaria fer la instal·lació de tots els elements a bord i les proves d'estabilitat, un cop avarada la Lady.

En quan al possible canvi de maquinaria i la possible mobilitat del grup generador al llarg de la bancada estructural, és molt complicat que l'Administració permeti aquests canvis i moviments de màquines i de pesos a voluntat, ja que en aquest punt la legislació és molt rigorosa i requeriria un projecte de remotorització per a cada cas, i amb ús únic. Es pot obrir una via de diàleg amb la Capitania Marítima per estudiar un permís especial per tal d'experimentar amb la mobilitat de pesos, però això ja és un projecte d'envergadura que quedaria de cara a un estudi futur. Nosaltres hem optat per fixar el grup propulsor en una única posició inamovible.

Pel caràcter experimental i formatiu de la Lady, aquesta, de moment, només pot optar a tenir permís per fer les proves de la cadana propulsora. Si aquestes sortissin amb normalitat es podria sol·licitar el certificat de navegabilitat, però garantint la seguretat de la tripulació, això requeriria fer certs canvis a nivell d'instal·lacions. Pels projectes que s'estan duent a cap actualment directament o indirectament relacionats amb la Lady el més aconsellable és mantenir la barca com a prototip amb caràcter experimental, ja que ens eximeix de complir amb bona part de la legislació que, d'altra banda, no podríem complir i facilita l'obtenció dels permisos necessaris per poder fer les proves de mar.

Per a poder utilitzar la Lady com a embarcació destinada a la formació d'estudiants i de la gent de mar primer es necessari posar tots els documents en regla (propietat, full d'assentament, certificat d'instal·lació de la cadena propulsora, certificat de navegabilitat, etc). Si es vol veure un dia la llanxa navegant s'ha de pagar i tramitar els documents

necessaris, així com decidir la llista d'inscripció en funció de l'activitat a que es destini i tramitar-ne el canvi. Malgrat que els tràmits amb l'Administració mai no són ràpids, és un deure que s'ha de complir.

Pel que fa a la cadena energètica, els assajos que s'han fet en buit han sigut satisfactoris. Resta per estudiar la resposta amb càrrega i, a ser possible, utilitzar un banc de proves amb el z-drive.

Com a conclusió general, si bé es complicat que la Lady acabi sent una barca amb un ús més enllà de la formació, s'ha de veure la importància d'aquesta de cara a futures noves embarcacions de dimensions semblants on es pugui passar de la fase experimental i donar un ús comercial a aquest estudi de propulsió elèctrica.

12 BIBLIOGRAFIA

LLIBRES

- CORTÉS CHERTA, M.; CORRALES MARTÍN, J.; ENSEÑAT BADÍA, A. *Teoría general de máquinas eléctricas*. 3ª ed. Madrid: M.E.C., 1991. ISBN 84-3620-638-X.
- OLIVELLA PUIG, J., *Teoría del buque. Flotabilidad y estabilidad*. 2ª ed. Barcelona: Edicions UPC, 1995. ISBN 84-7653-452-3.

TREBALLS ACADÈMICS

- ÀVILA BARRIS, R. (2006). *Estudio y realización de un motor eléctrico de rotor mojado, para aplicaciones de propulsión*. P. Casals i Torrens (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- ÀVILA BARRIS, R. (2010). *Remodelación de una embarcación de 4m. de eslora para, el diseño, instalación y estudio de un sistema de propulsión eléctrico*. P. Casals i Torrens (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- BOU ORENCH, C. (2010). *Cap al vaixell híbrid de propulsió elèctrica: avaluació experimental de la cadena energètica instal·lada en la barca RAS*. R. Bosch i Tous (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
- LLAMBRICH PONCE, A. (2011). *Diseño de una embarcación planeadora de 5,4 m de L.O.A.* M. Castells Sanabra (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- MELICH BAIGES, F.; NICOLAU SALIDO, M. (2010). *Diseño de una embarcación de recreo de 10,86 m de eslora*. J. García Espinosa (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- PEREGRINA VELASCO, A. (2007). *Diseño y construcción del sistema de propulsión eléctrica de un catamarán de 3,4 metros de eslora*. R. Grau i Mur (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- PEREGRINA VELASCO, A. (2009). *Acabados, optimización, ajuste y documentación de un catamarán de propulsión eléctrica de 3,4 metros de eslora*. R. Bosch i Tous (dir.); R. Grau i Mur (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.

- RIERA NAVARRO, G. (2007). *Hacia el barco de propulsión eléctrica: evaluación experimental de propulsores sumergibles de 2kW 400V, alimentados con grupo electrógeno*. R. Bosch i Tous (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.
- SANCHO CORTACERO, M. (2011). *Disseny, construcció i assaig d'un laboratori surant en una embarcació de 6,5 m d'eslora. Per experimentació en propulsió naval elèctrica*. R. Bosch i Tous (dir.) Projecte final de màster. Universitat Politècnica de Catalunya.
- VIDAL PARREU, M. (2008). *LlanxaRas: millores i anàlisis de la propulsió*. R. Bosch i Tous (dir.). Projecte final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Nàutica de Barcelona.

LEGISLACIÓ

- Espanya. *Circular nº 7/95. Asunto: Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo*. Dirección General de la Marina Mercante, 1995.
- Catalunya. *DECRET LLEI 3/2010, de 29 de maig, de mesures urgents de contenció de la despesa i en matèria fiscal per a la reducció del dèficit públic*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 31 de maig del 2010, núm. 5639, p. 41747.
- Catalunya. *LLEI 19/2010, del 7 de juny, de regulació de l'impost sobre successions i donacions*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 11 de juny del 2010, núm. 5648, p. 45299.
- Espanya. *Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos*. Boletín Oficial del Estado, 15 d'abril del 1989, núm. 90, p. 10894.
- Espanya. *Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social*. Boletín Oficial del Estado, 31 de desembre del 2001, núm. 313, p. 50493.
- Espanya. *Ley 16/2010, de 16 de julio, del régimen de cesión de tributos del Estado a la Comunidad Autónoma de Cataluña y de fijación del alcance y condiciones de dicha cesión*. Boletín Oficial del Estado, 17 de juliol del 2010, núm. 173, p. 63004.
- Espanya. *Orden de 18 de enero de 2000 por la que se aprueba el reglamento sobre despacho de buques*. Boletín Oficial del Estado, 2 de febrer del 2000, núm. 28, p. 4778.

- Espanya. Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo. Boletín Oficial del Estado, 12 de maig del 2003, núm. 113, p. 18144.
- Espanya. Orden FOM/1076/2006, de 29 de marzo, por la que se modifica la Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo. Boletín Oficial del Estado, 13 d'abril del 2006, núm. 88, p. 14309.
- Espanya. Orden FOM/3200/2007, de 26 de octubre, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo. Boletín Oficial del Estado, 3 de novembre del 2007, núm. 264, p. 45049.
- Espanya. Orden EHA/3551/2011, de 13 de diciembre, por la que se aprueban los precios medios de venta aplicables en la gestión del Impuesto sobre Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados, Impuesto sobre Sucesiones y Donaciones e Impuesto Especial sobre Determinados Medios de Transporte. Boletín Oficial del Estado, 29 de desembre de 2011, núm. 313, p. 144293.
- Espanya. Real Decreto 1027/1989 de 28 de julio, sobre abanderamiento, matriculación de buques y registro marítimo. Boletín Oficial del Estado, 15 d'agost del 1989, núm. 194, p. 26207.
- Espanya. Real Decreto 297/1998, de 27 de febrero, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, embarcaciones de recreo semiacabadas y sus componentes, en aplicación de la Directiva 94/25/CE. Boletín Oficial del Estado, 12 de març del 1998, núm. 61, p. 8538.
- Espanya. Real Decreto 607/1999, de 16 de abril, por el que se aprueba el reglamento de seguro de responsabilidad civil de suscripción obligatoria para embarcaciones de recreo o deportivas. Boletín Oficial del Estado, 30 d'abril del 1999, núm. 103, p. 15894.
- Espanya. Real Decreto 1434/1999 de 10 de septiembre, por el que se establecen los reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección. Boletín Oficial del Estado, 11 de setembre del 1999, núm. 218, p. 33009.

- Espanya. *Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles*. Boletín Oficial del Estado, 28 de noviembre del 2000, núm. 285, p. 41142.
- Espanya. *Real Decreto 2127/2004, de 29 de octubre, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, de las motos náuticas, de sus componentes y de las emisiones de escape y sonoras de sus motores*. Boletín Oficial del Estado, 30 d'octubre del 2004, núm. 262, p. 35888.
- Espanya. *Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles*. Boletín Oficial del Estado, 1 de noviembre del 2006, núm. 261, p. 37906.
- Espanya. *Real Decreto 1435/2010, de 5 de noviembre, por el que se regula el abanderamiento y matriculación de las embarcaciones de recreo en las listas sexta y séptima del registro de matrícula de buques*. Boletín Oficial del Estado, 6 de noviembre del 2010, núm. 269, p. 93237.
- Espanya. *Real Decreto Legislativo 4/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades*. Boletín Oficial del Estado, 11 de març del 2004, núm. 61, p. 10951.
- Espanya. *Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante*. Boletín Oficial del Estado, 20 d'octubre del 2011, núm. 253, p. 109456.
- Espanya. *Resolución de 25 de septiembre, de la Dirección General de la Marina Mercante, por la que se actualiza el anexo XVIII del Real Decreto 2127/2004*. Boletín Oficial del Estado, 3 de desembre de 2007, núm. 289, p. 49811.

PÀGINES WEB

- *Accastillage Diffusion*. [en línia]. Accastillage Diffusion. [Consultat: novembre 2012]. Disponible a: <http://www.accastillage-diffusion.es>
- *AENOR*. [en línia]. AENOR. [Consultat: abril 2013]. Disponible a: <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- *Buscador del Boletín Oficial del Estado*. [en línia]. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Consultat: abril 2013]. Disponible a: <http://www.boe.es/buscar/boe.php>

- *Cálculos para un sistema básico fotovoltaico*. [en línia]. ElectriCasas. [Consultat: juny 2011]. Disponible a: <http://www.electricasas.com/electricidad/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad/calculos-para-un-sistema-basico-fotovoltaico-ejemplo/>
- *Colegio Oficial de Ingenieros Navales*. [en línia]. AINE-COIN. [Consultat: abril 2013]. Disponible a: <http://www.ingenierosnavales.com/>
- *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*. [en línia]. Generalitat de Catalunya. [Consultat: novembre 2013]. Disponible a: <http://www20.gencat.cat/portal/site/portaldogc>
- *Diccionari de l'Enciclopèdia Catalana*. [en línia]. Grup Enciclopèdia Catalana. [Consultat: maig 2013]. Disponible a: <http://www.diccionari.cat/>
- *Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans*. [en línia]. Institut d'Estudis Catalans. [Consultat: maig 2013]. Disponible a: <http://dlc.iec.cat/>
- *Diccionario de la Real Academia Española*. [en línia]. Real Academia Española. [Consultat: maig 2013]. Disponible a: <http://www.rae.es/rae.html>
- *El catamarà ecològic més gran d'Europa*. [en línia]. Drassanes Dalmau. [Consultat: maig 2011]. Disponible a: <http://www.drassanes-dalmau.com/ca/73170/Ultimes-noticies/El-Catamara-ecologic-mes-gran-d-Europa.htm>
- *Ficha técnica motor Honda GX390*. [en línia]. Baper. [Consultat: juliol 2011]. Disponible a: <http://www.baper.net/honda/motores/html/gx390.html>
- *Honda Engines. GX390 Manuals*. [en línia]. American Honda Motor Co. Inc. [Consultat: juliol 2011]. Disponible a: <http://engines.honda.com/parts-and-support/owners-manuals/gx390>
- *Linz Electric*. [en línia]. Linz Electric S.P.A. [Consultat: juny 2011]. Disponible a: <http://www.linzelectric.com/>
- *Marlin Yacht Paints*. [en línia]. Marlin. [Consultat: juny 2011]. Disponible a: <http://www.marlinpaint.com/>
- *Ministerio de Fomento. Marina Mercante*. [en línia]. Ministerio de Fomento. [Consultat: juliol 2012]. Disponible a: http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/MARINA_MERCANTE/

- *Mercuriser Sterndrives Specifications*. [en línia]. Piranha Propellers. [Consultat: juliol 2011]. Disponible a: http://piranha.com/Mercuriser_Sterndrives.php
- *Milanuncios*. [en línia]. Mil Anuncios.com. [Consultat: juny 2012]. Disponible a: <http://www.milanuncios.com/>
- *Samiflex. Acoplamiento elástico*. [en línia]. CITSA. [Consultat: juny 2012]. Disponible a: <http://www.citsa.com/>
- *Sea Ray*. [en línia]. Sea Ray. [Consultat: abril 2011]. Disponible a: <http://www.searay.com/>
- *Segundamano*. [en línia]. Anuntis Segundamano España, S.L. [Consultat: juny 2012]. Disponible a: <http://www.segundamano.es/>
- *Teleflex Marine*. [en línia]. Seastar Solutions. [Consultat: maig 2011]. Disponible a: <http://www.teleflexmarine.com/>
- *Termcat. Centre de terminologia*. [en línia]. Tercat, Centre de Terminologia. Generalitat de Catalunya. [Consultat: abril 2013]. Disponible a: <http://www.termcat.cat/>
- *“Tú verás”*. *Web de Tecnología Eléctrica*. [en línia]. J.L. Hernández. [Consultat: octubre 2012]. Disponible a: <http://www.tuveras.com/index.html>
- *Wikipedia* [en línia]. Fundació Wikipedia, Inc. [Consultat: maig 2013]. Disponible a: <http://es.wikipedia.org>

ANNEXOS

Annex A – Documents Lady

Annex B – Plànols

Annex C – Control de pesos

Annex D – Documents Capitania

***Annex E – Manuals i característiques de màquines i peces
mecàniques.***

Annex F – Càlcul autonomia

Annex G – Plaques solars

Annex H – Pressupost

ANNEX B - PLÀNOLS